Natural History Museum Library
000273127

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FISICAS Y NATURALES.

S. 1011.

REVISTA

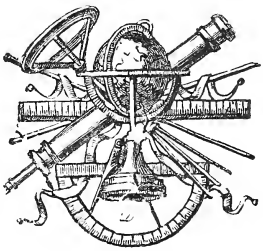
DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FISICAS Y NATURALES.

TOMO XXI.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY



MADRID:
IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.
Calle de Pontejos, núm. 8.

1886.

ÍNDICE

de las materias contenidas en este tomo.

CIENCIAS EXACTAS.

Págs.

Astronomía.—Observaciones meridianas del cometa B de 1881, hechas en el Observatorio de Madrid, y órbita parabólica más probable del mismo, deducida de dichas observaciones, por D. Vicente Ventosa..... 350

Determinación de la hora con un anteojo portátil de pasos, en coincidencia aproximada con el meridiano, por D. Miguel Merino..... 429

Geodesia.—Enlace Geodésico y Astronómico de Europa y África.—Primera operación.—Enlace geodésico, por D. Carlos Ibáñez..... 129

Segunda operación.—Enlace astronómico, por D. Miguel Merino..... 149

Noticia de los primeros experimentos hechos en España con el péndulo de inversión, que determinan un valor para la intensidad de la fuerza de gravedad en Madrid por D. Joaquín Barraquer y Rovira..... 325

Geometría.—Sobre la imposibilidad de la Cuadratura del Círculo, por D. José Echegaray..... 493

Filosofía Matemática.—El Determinismo Mecánico y la Libertad Moral, por D. José Echegaray..... 1, 65 y 257

CIENCIAS FISICAS.

Págs.

Electro-química.—De la Electrolisis cuantitativa del azogue y del cobre..... 78 y 193
Espectroscopia.—Reflexiones sobre las rayas del Espectro solar, por D. Manuel Herrera..... 483
Física.—Nivelación Barométrica de varias Estaciones Meteorológicas..... 472
Memoria sobre la Materia Radiante.—Carta dirigida por el Sr. F. J. Ricarde Saaver, Miembro de la Real Sociedad de Edimburgo, á la Real Academia de Ciencias de Madrid..... 235 y 310
Metalurgia.—Análisis cuantitativa de algunas ligas metálicas, por D. Luis de la Escosura Morrogh..... 219 y 277
Meteorologia.—Estación Meteorológica de Murcia.—Observaciones correspondientes á la segunda década de Octubre de 1879, en la cual tuvo lugar la inundación de la huerta y barrio de aquella ciudad, por el desbordamiento del Segura y de sus afluentes, durante la noche del 14, por D. Olayo Díaz..... 22
Telegrafía.—Progresos de la Telegrafía Eléctrica.—Trasmisión simultánea.—Conferencia sobre los Teléfonos y fonógrafos dada por Mr. Jamin, miembro del Instituto y Profesor de la Escuela Politécnica en la Facultad de París.—Tomada y redactada por los señores Jorge Maneuvrier y Krouckoll..... 100, 184 y 231

CIENCIAS NATURALES.

Botánica.—Los Líquenes y la Teoría de Schwendener, por D. Máximo Laguna..... 26
Opinión de Linneo sobre el origen de las especies vegetales, por D. Máximo Laguna..... 29
El Ramio, por D. Ginés Vehil, vocal del *Instituto de Fomento del Trabajo Nacional*..... 542

Págs.

La evolución del Reino vegetal, por D. Máximo Laguna... 421
Geología.—El Cráneo de Descartes, por D. Mariano de la Paz Graells..... 109
Nota referente al hallazgo de fósiles triásicos marinos en la Sierra de Gador, provincia de Almería, por D. Joaquín Gonzalo Tarin..... 356
Yacimiento de la Aerinita, por D. Luis Mariano Vidal.... 359
Historia Natural.—El Congreso Científico de Bex, por Don Mariano de la Paz Graells..... 34
Zoología.—Los Sargazos *(Sargassum Bacciferum.*, Ag.) como medio de emigración para varios animales marinos, por D. Máximo Laguna..... 32
Apuntes para la Fauna mastológica de España, por Don Eduardo Boscá, Catedrático de Historia Natural en el Instituto de Ciudad Real..... 112
Católogo de los Moluscos recogidos en Bayona de Galicia y lista de las especies marinas que viven en la costa Noroeste de España, por D. J. G. Hidalgo..... 373
Estaciones Ornitologicas, por D. Mariano de la Paz Graells. 415
Entomología Judicial, por D. Mariano de la Paz Graells... 458

VARIEDADES.

Suscrición para el establecimiento de un Observatorio Meteorológico en el monte Ventoux..... 16
Geología en la Isla Chipre..... 61
Organización del Servicio meteorológico en Francia *(De la Revista general de Marina)*..... 323
La lluvia meteórica de 27 de Noviembre de 1885.. 486 y 553
Tempestad notable en Algeciras..... 491
Movimiento del Personal.—Nombramiento y fallecimiento de Sres. Académicos..... 125, 256 y 369
Premios.—Programa para la adjudicación de tres premios en el año 1881..... 125
Id. id., en el año 1883..... 369
Id. id., en el año 1887..... 425
Resultado del Concurso á premios en el año 1878..... 256

18 SEP 1886

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 1.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1880.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Rústica.

MEMORIAS DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS exactas, físicas y naturales: tomo 1.°—Ciencias naturales..... 50 rs.
Id. id.: tomo 2.°, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte..... 20
Id. id.: tomo 3.°—Ciencias físicas..... 50
Id. id.: tomo 4.°—Ciencias naturales..... 50
Id. id.: tomo 5.°, parte 1.ª—Ciencias naturales..... 20
Id. id.: tomo 6.°—Ciencias físicas..... 50
Id. id.: tomo 7.°—Ciencias exactas..... 50
REVISTA DE LOS PROGRESOS DE LAS CIENCIAS exactas, físicas y naturales: 19 tomos, cada uno..... 24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año..... 24
Id. en provincias, 4 id. id..... 30
Id. en el extranjero, un año..... 36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA,

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales, y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 100 rs. cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

EL DETERMINISMO MECANICO Y LA LIBERTAD MORAL.

Mr. Boussinesq, profesor de matemáticas en la Facultad de ciencias de Lille, y distinguido analista, ha publicado un libro con título análogo al que sirve de epígrafe á este artículo; libro lleno de ideas profundas y atrevidas, que le hacen digno de estudio, y que abren anchos horizontes ante el pensamiento. Quizá no son otra cosa que gérmenes anticipados, presentimientos de alguna nueva filosofía que ha de venir, resplandores de una próxima alborada; mas sean lo que fueren, llevan sello innegable de osadía y grandeza, y rompen con lo vulgar y lo mezquino.

Creemos, pues, conveniente dar á conocer en España la obra del distinguido matemático, aunque para ello tengamos que luchar con no despreciables obstáculos, y á la empresa nos lanzamos, sin reparar en ellos ni pensar en las consecuencias.

Trátase de un libro que supone el conocimiento profundo del cálculo infinitesimal y de la mecánica en sus teorías más técnicas, más especiales y más difíciles: ¿cómo, pues, han de interesarse en él los filósofos, que por regla general ni son geómetras, ni creen necesaria la geometría para penetrar en las metafísicas profundidades de los séres y de sus manifestaciones?

Trátase aún del más difícil, del más sutil, del más metafísico de todos los problemas filosóficos: el problema de la

libertad humana: ¿cómo han de parar mientes en semejantes nimiedades los geómetras, que desdeñan cuanto no se reduce á números, ó se espresa por fórmulas algebráicas, ó se representa en el espacio por puntos, líneas y superficies?

Trátase de si el hombre es una máquina, ó un sér libre: el pensamiento, la conciencia, la dignidad, todo un mundo de ultratumba está interesado en la solucion de tan pavoroso problema: ¿cómo han de fijar en él su atencion los hombres positivos y graves, que sólo á lo útil rinden culto, y sólo creen en lo tangible, y sólo se interesan en lo que consigo lleva interés ó ganancia?

No importa: emprendamos con buen ánimo la tarea; procuremos que los matemáticos comprendan la trascendental importancia del problema filosófico; que los filósofos vislumbren lo que podrá ser el problema mecánico; que unos y otros, y todos, vean reducidos á términos vulgares, claros y sencillos, nebulosidades suprasensibles y algoritmos algebráicos, y como logremos llamar la atencion de un lector, de uno solo, sobre el problema matemático-filosófico que plantea Mr. Boussinesq, daremos por bien empleado nuestro trabajo.

Comenzaremos por la exposicion popular, digámoslo así, del asunto, y allá, al fin de estos artículos, pagaremos tributo á la índole de esta publicacion, entrando en algunos detalles de análisis, que serán como la ampliacion y el complemento de cuanto hayamos expuesto en la primera parte del presente trabajo.

PRIMERA PARTE.

I.

En la série infinita de los fenómenos, cadena que se estiende desde el orígen de los tiempos hasta la consumacion de los siglos, ó, como dicen los matemáticos, desde el infinito negativo al infinito positivo, hay cuatro eslabones fundamentales, unidos por mil otros eslabones intermedios, que son como grados sucesivos del gran proceso universal. El *movi-*

miento, la *sensacion,* la *conciencia,* la *libertad:* hé aquí, en efecto, cuatro hechos fundamentales, ó fenómenos, ó ideas, ó como se les quiera llamar, segun la doctrina filosófica que cada cual profese, ó la terminología que adopte, ó el punto de vista en que de antemano se coloque. En ellos termina, ó de ellos arranca cuanto es y existe en el mundo esterior, ó en el mundo íntimo de la conciencia, y á ellos se reducen, como á términos supremos de gigantescas síntesis, todas las maravillosas complicaciones del universo.

De estos cuatro términos, el último, es decir, *la libertad,* es el más misterioso, el más incomprensible, el más contradictorio, y, sin embargo, aquel que afirma el sentido íntimo con razon ó sin ella, que esto no es del momento, con más inquebrantable energía. El estudio de la libertad moral presenta dos fases ó aspectos distintos: un aspecto profundo y metafísico, que con las leyes del espíritu se relaciona, y de ellas depende; y otro aspecto práctico, físico, y, por decirlo así, humano y social. No pretendemos ocuparnos del primero, que no es la Revista de Ciencias Exactas y Naturales el lugar más oportuno para hacer filosofías; pero al ménos como noticia bibliográfica, y para dar á conocer la obra de Mr. Boussinesq, titulada «*Conciliation du véritable detérminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale,*» obra publicada á fines del año próximo pasado, séanos permitido apuntar someramente algo de lo que al segundo de dichos dos problemrs se refiere.

Cuando el hombre, el sér inteligente y libre, se determina á sacar sus *quereres* ó voliciones del mundo impalpable de la idea, para llevarlos al mundo tangible de la realidad física, por precision ha de valerse del artificio material, único que tiene á sus órdenes, que se llama *cuerpo,* y la forma práctica, inmediata y eficaz de la idea traducida en hecho es el *movimiento.* Su cuerpo, pues, ó algunos de sus órganos, se mueven, y de este modo aquella abstraccion de la mente encarna en las realidades del mundo de la materia.

¿Quiero dar una limosna? Mi mano busca por determinado movimiento una moneda, mi brazo se estiende hácia el menesteroso que la demandaba, mis dedos se abren y déjanla

caer de mi mano en otra mano que hácia mí se tendia suplicante. Es decir, que *mi libertad*, ejercitándose en un acto caritativo, ha necesitado poner en movimiento todas y cada una de las moléculas de una parte de mi organismo, haciéndolas describir curvas conducentes al fin que me propuse.

¿Quiero, por el contrario, dar muerte á un hombre? Pues mi mano armada de un hierro describe ciertos caminos geométricos, mi cuerpo ayuda con una impulsion total, y la punta metálica, animada de la velocidad que yo le comunico, clávase recta en el corazon de mi enemigo. Y en este, como en el caso anterior, mi libertad, decidiéndome á un acto criminal, no ha hecho otra cosa, esteriormente considerado el fenómeno, que modificar las condiciones dinámicas de alguno de mis órganos, obligando á sus varias moléculas á describir las trayectorias necesarias para hundir unas pulgadas de acero en un pecho, ni más ni ménos que antes les obligó á describir otras distintas para arrojar una moneda de cobre en la palma de una mano.

Y sin necesidad de mas esplicaciones ni de más ejemplos, resulta clara y terminante esta verdad: que el libre albedrío, ejercitando su accion en el bien ó en el mal, obliga al cuerpo humano, ó á una de sus partes, con los varios átomos que la constituyen, á describir curvas distintas segun los casos, y distintas, *al menos al parecer*, de las que hubieran descrito dichos átomos, á dejarlos abandonados á sí mismos, y á las acciones de las fuerzas materiales que sobre ellos actúan de contínuo.

Esto á primera vista es natural, es sencillo, es evidente y sin embargo, bajo esta traidora mansedumbre ¡qué cuestion tan difícil! ¡qué problema tan pavoroso! ¡qué invencibles ó qué árduas dificultades!

Aquí el materialismo más brutal y el más elevado espiritualismo riñen tremenda batalla, y la razon queda confusa y dudosa, cuando no espantada y confundida.

Trátase, en efecto, del determinismo mecánico con todas sus invasoras aspiraciones, y preséntase apoyado por la más exacta de todas las ciencias: *la ciencia matemática*.

II.

El problema general de la dinámica, problema que en sí comprende como casos particulares todos los de la mecánica racional, puede enunciarse en estos términos:

Dadas en un instante cualquiera las *posiciones* y las *masas* de un sistema de puntos, así como *sus velocidades* y *la ley de sus acciones mútuas*, determinar en otro cualquier instante las posiciones y las velocidades de dichos puntos, y á la vez las trayectorias ó curvas que describen. Entendiéndose que al hablar de velocidades nos referimos á su intensidad y á su direccion, y que suponemos conocidas ambas.

Este problema, como problema de dinámica, ha sido resuelto por la ciencia; y prescindiendo de que se sepan ó no se sepan integrar rigorosamente las ecuaciones diferenciales de que depende, ello es que pertenece, ó se creyó que pertenecia, á la categoría de los *problemas determinados*. Es decir, empleando el lenguaje vulgar, que todo movimiento posterior de un sistema de puntos, es consecuencia necesaria, inevitable, forzosa, de movimientos anteriores, sin que para determinarlo intervengan mas que las condiciones que acabamos de señalar, á saber: las posiciones y las velocidades iniciales, las masas, y la ley de las atracciones ó repulsiones en funcion de las distancias.

De este modo, si mi mano, volviendo al ejemplo precedente, dió una limosna, este acto puramente físico, fué resultado de una ley que el determinismo absoluto esplica con implacable crueldad por una série de transformaciones de movimiento. Todo ello se redujo á lo siguiente.

1.° Los átomos que constituyen la sustancia gris de mi cerebro vibraron de cierto modo: esta vibracion convirtióse en corriente nerviosa, es decir, en otro movimiento de puntos materiales, y fué á parar á los músculos de mi brazo. En ellos, y en las celdillas del tejido muscular, hallábanse acumuladas varias sustancias químicas, combustibles y casi pudiéramos decir explosivas, y á la vez el oxígeno necesario para quemarlas, si se nos permite emplear esta palabra vul-

gar. La corriente nerviosa fué la órden que determinó la explosion; el movimiento vibratorio que descompuso aquel estado instable de equilibrio; la causa *ocasional* de un nuevo movimiento y de una cierta cantidad de calórico que, convertido en fuerza, cambió las dimensiones de las celdillas musculares, estiró los tendones é hizo girar á las palancas huesosas del brazo, de la mano y de los dedos, dando como resultado visible una moneda que cae hácia un menesteroso.

Y no mas, segun la escuela determinista: el acto moral redúcese, en efecto, por ella, á una série de acciones dinámicas.

Movimiento vibratorio de la sustancia cerebral.

Movimiento de la corriente nerviosa.

Movimiento del oxígeno, del carbono, del hidrógeno, etc., en los músculos, precipitándose unas sustancias hácia otras.

Movimiento vibratorio del éter, ó sea calórico desarrollado.

Movimiento de las envolventes que constituyen las celdillas.

Movimiento total de los músculos.

Movimiento de los tendones y de los huesos.

Movimiento del brazo y de los dedos.

Movimiento de un pedazo de cobre, de plata ó de oro, que cede á su propio peso.

Hé aquí el análisis de la caridad humana en el crisol de ciertos esperimentadores.

Pero el determinismo aún va más léjos; porque en rigor, hasta aquí lo único que esplica es la manera de trasmitir el alma sus órdenes; la forma material del acto; el cómo las fuerzas físico-químicas dan *esterioridad* al libre albedrío, y no hay en todo ello motivo para alarmar al más susceptible espiritualista.

Por el movimiento se trasmite la voluntad; evidente. Por la vibracion cerebral comenzó, y en el movimiento visible de una mano termina; indudable. Pero, ¿y aquel movimiento inicial de la sustancia gris? ¿Y aquella fuente misteriosa de donde brotó la primera gota de lo que fué luego rio de movimiento y fuerza? Hé aquí la parte interesante del problema,

y hé aquí la desoladora solucion de materialistas y deterministas.

2.° Esa vibracion, repetimos, de la sustancia gris, no nació, segun los apóstoles de la escuela que Mr. Boussinesq combate, en las celdillas mismas; sino que fué el resultado de otro movimiento precedente; el término de una ó varias corrientes nerviosas que vinieron del mundo exterior; en suma, la transformacion de las sensaciones, que movimientos son tambien. Así pues, no fué mi espontaneidad; ni mi libertad que no existe, segun ellos; ni fuerzas nacidas de mi espíritu las que ejecutaron el acto caritativo cuyo mérito reclamo; sino movimientos de diferentes épocas, unos actuales, otros antiguos, otros trasmitidos por mis progenitores, que á su vez del medio ambiente los habian recibido; movimientos que á mí llegaron, y en mí quedáronse coordinados como en misterioso archivo, y en agitacion perenne bajo la bóveda del cráneo, hasta que una última corriente venida de fuera por los conductores nerviosos, empújó todo ello hácia el mundo exterior, por los nérvios que podemos llamar centrífugos.

Yo he sido como espejo en que la luz se refleja; como banda en que la bola de billar choca; como autómata al que vienen fuerzas y movimientos, y del que fuerzas y movimientos salen; pero nada más.

Y fíjese bien la atencion en esta teoría, cuya rigidez científica es preciso comprender en cuanto vale, si ha de combatirse por cuanto es; cuya aparente exactitud no era fácil negar hasta hoy, y que implícita ó esplícitamente ha sido aceptada por Descartes y Leibnitz; teoría cuya consecuencia inmediata es la negacion de toda espontaneidad, de toda libertad, de toda responsabilidad, como de todo mérito humano.

Cada molécula, ó cada átomo de mi organismo en cada instante, es aquella misma molécula, ó mejor dicho, aquel mismo átomo que cien siglos hace ocupaba un lugar determinado en el espacio, y dirigíase en direccion determinada tambien con cierta velocidad. Desde entónces, y aquel entónces es tan remoto como se quiera, y en lo infinito negativo del tiempo se pierde, estuvo el átomo sujeto á fuerzas exteriores determinadas, atracciones ó repulsiones de los demás átomos

del espacio; y ahora, al llegar en el instante actual á mí, y al pasar por esta máquina de mi cuerpo, sigue en él una trayectoria que yo no sabré determinar, porque ni conozco las condiciones iniciales del átomo en cuestion, ni las fuerzas á que ha estado sometido, ni aun tampoco sabria integrar sus ecuaciones diferenciales; pero que no por eso deja de ser perfectamente *determinada*. Yo no se cómo es esa trayectoria; pero yo sé y demuestro, y demuestra conmigo la ciencia, *que es sólo de una manera;* que ese átomo se mueve de grado en grado y de instante en instante, como le obligan á moverse las ecuaciones diferenciales de sus coordenadas sin ambigüedad ni vacilacion. Por lo tanto, no soy yo, ni mi libertad, espejismo engañoso que allá en el fondo de mi sér se dibuja, quienes dirigen á ese átomo prisionero; sino el universo todo, que por sus atracciones y repulsiones márcale derrotero de que jamás podrá separarse.

Pero esto que he dicho de un átomo puede decirse de todos; luego todo movimiento en el mundo físico, como en el mundo orgánico, como en el mundo de la conciencia, es resultado inevitable y fatal de movimientos anteriores. Y el astro que va por el espacio, y la molécula que se agita en el sol, y el átomo de éter que vibra en el rayo de luz, y el fósforo que se quema en la sustancia gris de mi cerebro, y la gota de agua que flota en los mares, y la mano que traza estas líneas, y el brazo que salva al náufrago, y el hierro que mata, y el carmin que tiñe el rostro de la vírgen, y la bilis que amarillea la rugosa faz del envidioso, lo bueno y lo malo, lo grande y lo pequeño, son combinaciones de movimientos, y lógicas consecuencias de otros movimientos que transformáronse por las leyes de la mecánica en todos estos que con variedad de apariencias hoy asaltan nuestros sentidos y ofuscan nuestra razon, haciéndonos creer en espontaneidades imposibles, donde sólo existen fuerzas fatales y masas que las obedecen.

Tales son las afirmaciones del determinismo mecánico, con patente complicidad de las leyes dinámicas y casi el asentimiento de la ciencia.

III.

¿Hemos conseguido hacer que se comprenda toda la terrible fuerza didáctica que en las teorías modernas de la física ha encontrado el materialismo?

Lo dudamos, y antes de pasar más adelante, hemos de dar forma precisa y matemática al problema, confiando en que esta aparente repeticion ha de aprovecharnos para lo sucesivo.

Supongamos, para fijar las ideas, que el universo entero se redujese á dos átomos, á los que, para entendernos, podremos llamar el átomo *A* y el átomo *B*.

En un instante, el primero de nuestra historia, *A* y *B* ocupan posiciones determinadas en el espacio, y tienen velocidades tambien determinadas.

A está, por ejemplo, en un punto que llamaremos *a*.

B está á su vez en *b*.

Pero el camino que ha de describir *A*, queda de este modo perfectamente determinado, porque solo depende de dos elementos: 1.° su velocidad, y ésta es fija y única; 2.° la atraccion de *B*, y ésta tambien es fija y única, pues no depende más que de la distancia *a b*.

Preguntad á un mecánico, y os dirá que el camino y la velocidad de *A* quedan determinados sin ambigüedad, sin duda, sin vacilacion, es decir, de una sola manera, por la diagonal del paralelógramo construido con la velocidad que traia el móvil y la que la fuerza, segun *a b*, le comunica en el intérvalo de tiempo que consideramos. De modo que la posicion del punto *A* en el segundo instante será tambien una posicion fija y determinada, que podremos designar por a'.

Ahora bien, lo que hemos dicho de *A*, podíamos haber dicho de *B;* luégo este segundo átomo, en este segundo instante, ocupará una cierta posicion inconfundible en el espacio, la que designaremos con la letra b'.

Y nuestra argumentacion, aquella que para el *primer instante* hemos empleado, podrá repetirse para *el segundo;* y como probamos que *A* y *B* tenian que pasar forzosamente de *a* y *b* á a' y b', probaremos que tienen que pasar de a', b' á a''

b'', y que sólo pueden ocupar en el *tercer instante* estas posiciones a'' y b''; y repitiendo aún el mismo razonamiento, vendremos á parar á que en el *cuarto instante* A estará en una cierta posicion a''' y B en otro punto b''', y á que de este modo A trazará una trayectoria *única* $a\,a'\,a''\,a'''$, y B otra trayectoria fija $b\,b'\,b''\,b'''$. Al sonar, pues, en el reló de la ciencia, y permítasenos esta imágen, el

1.er *instante*, A no podrá estar más que en a, ni B más que en b.

Y al sonar el

2.º *instante*, A sólo podrá ocupar la posicion a', y B la posicion b'.

Y llegará el

3.er *instante*, y con él A á a'' y B á b''.

Y llegará el

4.º *instante*, y la fatalidad ó la ley mecánica ó el determinismo habrán traido á A y B á los puntos únicos y fijos a''' y b'''.

Y así sucesivamente hasta la consumacion de los tiempos.

Y ahora bien, si esos dos átomos constituyen en un cierto período el cuerpo de un sér humano, y en un momento de ese período la realizacion de un acto virtuoso depende de que el átomo A se mueva hácia el *Norte*, y la de un acto criminal de que se dirija hácia el *Sur*, al Sur ó al Norte irá, segun la trayectoria invariable, $a\,a'\,a''\,a'''$..... que la mecánica le ha trazado préviamente; porque en cada instante su posicion y su camino no dependen, segun el determinismo, de ideales fantásticos, sino de leyes fatales é incorruptibles, y el acto virtuoso ó el acto criminal serán consecuencias indeclinables de la orientacion de la curva que el punto A traza en el espacio.

Lo que hemos dicho de dos átomos pudiéramos decir de todos cuantos constituyen el cosmos: si los puntos materiales A, B, C...., ocupan en un momento cualquiera posiciones determinadas, y son determinadas sus velocidades, la curva que cada punto describa será fija y única; y en la série de los tiempos los movimientos de la materia orgánica ó inorgánica, de la piedra en la montaña, del agua en el mar, de la nube en el viento, de la sangre en las venas, del llanto en las me-

jillas, del músculo humano, ó del hemisferio cerebral, sólo podrán ser *de una manera*, la que resulte de las ecuaciones diferenciales del sistema y de sus condiciones iniciales.

Este conjunto de posiciones de los átomos, con relacion á la raza humana, determina en cada instante la forma externa y física de sus actos. ¿Son estas trayectorias tales, y tales estas posiciones, que, interpretados sus efectos en el lenguaje del hombre, significan brazos que hieren, lenguas que maldicen, torres que se hunden, llamas que prenden, caractéres que se degradan, cuerpos que gozan ó inteligencias que se extinguen? Pues tendremos muerte, y ruina, y destruccion, decadencia, vicio y envilecimiento. Y todo esto sucederá indefectiblemente; pero no culpeis, segun la doctrina determinista, á voluntades que son vanas apariencias, á libres albedríos que son puras vanidades, á potencias espirituales que son fantasmagorías del cerebro. La culpa es de unas masas, de unas velocidades y de unas atracciones: hubieran sido otras aquellas y estas, y veríais cómo las moléculas que forman la raza humana y sus varias industrias, movíanse de tal manera que los músculos se abrian al abrazo y no á la muerte; que las piedras, en vez de desplomarse, subian sobre las piedras para formar palacios y templos; que la llama brotaba en los faros y no en las hogueras, y en los labios trocábase en cántico la imprecacion; y en el cerebro ardia el fosforo, iluminando grandezas y no apetitos.

En suma, las leyes de la mecánica lo son todo para el determinismo mecánico: la historia del que llamamos *sér libre*, escrita se halla en fórmulas fatales dentro de unas cuantas ecuaciones; y el que las conociera, conocería toda la historia, con sus aparentes héroes, sus falsos mártires, sus cándidos sábios, sus inocentes tiranos, sus irresponsables monstruos; y fuera á la vez profeta infalible del porvenir, y legislador fatídico de sus grandezas ó de sus cataclismos.

IV.

No hay término medio: si las leyes de la mecánica son lo que siempre se ha supuesto que eran, el determinismo es una

verdad del mismo órden que tales leyes; tan exacto como ellas; tan fatal como fatales son.

Porque una série de paliativos, ó artificios, ó espedientes que á primera vista ocurren, poco ó nada quebrantan los razonamientos lógicos que en los párrafos anteriores hemos expuesto.

1.° En efecto, no se diga que el determinismo se funda en la teoría de los átomos, y que la teoría atómica no pasa de ser una mera hipótesis; pues tal objecion carece de fuerza y aun de oportunidad.

La teoría precedente es general; así se aplica á un número finito de átomos como á un número infinito; tanto vale para la teoría atómica, como para el caso de absoluta continuidad en la materia. *Puntos*, sea cual fuere su número: *posiciones determinadas* de los mismos en un instante: *masas* constantes ó variables de un punto á otro segun cualquier ley contínua ó discontínua: *velocidades* fijas en este mismo instante inicial: *atracciones* dependientes de las distancias: hé aquí lo único que exije la teoría; que el resto lo harán las ecuaciones diferenciales del movimiento, y siempre vendremos á parar á que *los estados precedentes* determinan sin dualismo alguno el *estado actual* del sistema, á que en tal estado no influye la voluntad humana, y á que no puede tener significacion alguna moral, ni para un hombre, ni para un pueblo, ni para la humanidad entera.

No está aquí, pues, el defecto de la coraza del determinismo.

2.° Y este punto de que vamos á ocuparnos, es ya más digno de estudio. ¿No podrá el espíritu por su propia fuerza y eficacia comunicar *cierto movimiento* á la sustancia gris del cerebro, movimiento que sea la *causa ocasional* ó *determinante* de todos aquellos movimientos comprendidos en la série que estudiábamos al comenzar este artículo? ¿Lo que es *más*, no ha de poder conseguir efectos que consigue lo que es *ménos?* Si la materia es causa de fuerza y movimientos, ¿por qué ha de negarse al espíritu la facultad de desarrollar fuerzas físicas? Y claro es que en este caso toda la dificultad desaparece, y sin más embates húndese el edificio del determinismo.

La verdad es que no penetrando el hombre en la esencia

íntima de las cosas, ni habiendo podido llegar hasta las profundidades de lo absoluto, es difícil y es aventurado negar á tal ó cual sustancia, que no se conoce, facultades y potencias tan misteriosas y tan desconocidas casi como ella misma.

¿Es capaz la sustancia espiritual, que los espiritualistas proclaman, de efectos físicos? ¡Quién será osado á contestar afirmativa ó negativamente á esta pregunta! Y aún contestando, ¿qué pruebas podría alegar?

Mas sin pretender engolfarnos en un problema ageno á la índole de esta publicacion y al objeto de este artículo, séannos permitidas algunas observaciones, hechas sin pretension alguna filosófica y á la pasada.

Es postulado de la mecánica y resultado de la experiencia, y aún consecuencia lógica de las teorías modernas, que LA ENERGÍA TOTAL del universo *es constante;* ó de otro modo, que la *fuerza viva actual* de todos los átomos, sumada á la *energía potencial,* arroja un número *invariable:* y en tal caso no es posible suponer que la voluntad humana venga á modificar constantemente lo que por su naturaleza no es susceptible de variacion. Sin que pueda darse como absurda la hipótesis, ello es que por inaceptable la han tenido los grandes filósofos espiritualistas, como Descartes y Leibnitz, ni más ni ménos que por inaceptable la rechazan los materialistas.

Pero no es esto sólo; cuantas atracciones y repulsiones se conocen, que es como decir, cuantas fuerzas han tenido ocasion de estudiar el físico, el químico y el astrónomo, no son fuerzas que, por decirlo así, vengan desde lo inmaterial á lo material, desde el vacío á una masa, desde la nada á un átomo, sino acciones directas, acompañadas de acciones recíprocas de un elemento material sobre otro. El esfuerzo atractivo ó repulsivo de una masa sobre otra segunda masa, no es más que la mitad del fenómeno, porque siempre esta última ejerce igual y opuesta accion sobre la primera. La fuerza une, por decirlo así, *dos* puntos materiales: tiene, si se nos permite este modo de expresarnos, *dos extremos,* que son los dos átomos: es, en fin, en los casos de atraccion, á modo de una síntesis ó de una misteriosa unidad que pugna por reunir la diversidad de la materia.

¿No es, pues, absurdo y contradictorio, y de todo punto opuesto á la esencia de las fuerzas físicas, esto de una fuerza que va de elementos espirituales á elementos materiales? ¡Dónde la reciprocidad de accion! ¡Dónde el punto de apoyo de la fuerza! ¡Dónde los dos términos de la síntesis!

¿Es, por ventura, legítimo tomar un elemento de la experiencia y despojarlo de las condiciones en que constantemente aparece?

Si sobre un punto *A* ha visto el experimentador actuar una fuerza *A B*, siempre en esta direccion ha encontrado un punto material *B*, de donde dicha fuerza emanaba ó parecia emanar.

Jamás sobre el elemento material *A* ha actuado un esfuerzo que termine en la nada inmaterial.

La primera figura es el símbolo que nos da la ciencia tal como hoy existe: la segunda será cuando más una hipótesis, pero sin comprobacion.

Y por otra parte, un espíritu que ejerce acciones medibles en kilógramos ó en kilográmetros; que actúa sobre los átomos, ni más ni menos que los átomos mismos; que aumenta ó disminuye la energía total de los sistemas; esa cantidad que es invariable á ménos que otros sistemas materiales no la alteren; que vá, digámoslo asi, depositando en el mundo material una parte de sí misma en forma de movimiento; un espíritu, repetimos, que de este modo por sus efectos se confunde con la materia misma, peligro corre de que se le tome por materia, y en aprieto pone á sus partidarios para sacar incólumes de la difícil prueba su esencia etérea y sus impalpables alas.

Todo esto prueba que el conflicto que más arriba procuramos describir, esa tremenda antítesis entre las leyes de la mecánica y la conciencia que todos tenemos de nuestra libertad, no se salva cortando brutalmente el nudo, y suponiendo que

el espíritu es susceptible de esfuerzos físicos, por pequeños que sean, y de comunicar en forma de fuerza viva nuevas agitaciones, distintas de las que traen los nérvios sensibles, á los hemisferios cerebrales.

Por este camino huyendo de un peligro se cae en otro mayor, y por conservar el libre albedrio, se hiere de muerte al alma que ha de poseerlo.

En suma, el problema subsiste en pié.

V.

Así al menos lo han entendido los primeros pensadores del mundo; y bajo esta forma, terrible para los altos intereses espirituales de la humanidad, han planteado el problema.

¿Las leyes de la mecánica son ciertas? Pues los movimientos del sér humano, y todos sus actos en movimientos se traducen, son consecuencias inevitables de otros movimientos anteriores y de las acciones físicas de la materia sobre la materia. Y en este caso, la libertad es una ilusion; la responsabilidad moral ó la responsabilidad ante el código, una injusticia; el espíritu, si existe, está condenado á contemplar desde su carcel el desarrollo de un drama en que, sin ser actor, es miserablemente sacrificado al llegar el desenlace; y la raza humana es una ridícula coleccion de autómatas con pretensiones de semi-dioses, que viven en perpétuo sonambulismo, y despiertan en la nada.

Quizá los filósofos, agenos á las matemáticas y á sus aplicaciones mecánicas, no han dado toda la importancia que tiene á esta teoría del determinismo; quizá los matemáticos, desdeñando metafísicas y filosofías, ni han sospechado que tal problema ande por el mundo; pero cuando en el cerebro de un hombre como Leibnitz, matemático sublime é inmortal filósofo, reuniéronse aquella altísima ciencia y estas divinas aspiraciones de la metafísica, la antinomia de la Mecánica y de la Libertad surgió amenazadora é indomable, y fué preciso, de buena ó mala manera, buscarle acomodamiento y solucion. Y aún para Leibnitz el problema era más pavoroso, porque además del filósofo y del matemático, andaban allá

por las profundidades de su noble sér el teólogo y el creyente.

¿Cómo negar las leyes de la mecánica? Y admitidas, ¿cómo negar tampoco que todo movimiento sólo depende de movimientos anteriores y de fuerzas físicas? Y si cada brazo que se eleva, cada pié que avanza, cada lábio que se agita, cada corazon que late, cada cerebro que vibra, vibra, y late, y se agita, y avanza, y se eleva, como vibra la luz, ó late el mar, ó se agita el aire, ó avanza la nube, ó sube por el cráter la lava, ¿qué es de la libertad humana?

Y siendo filósofo espiritualista ¿cómo entregarse sin resistir y sin luchar al materialismo y al fatalismo, que eran con otro nombre, y sin la vestidura científica del dia, lo que es hoy el determinismo?

Y siendo teólogo y cristiano, ¿cómo tolerar enormidades tan espantables y blasfemias tan horrorosas?

Dióse Leibnitz á discurrir, buscó una solucion, y lo difícil del problema bien se mide por lo absurdo y lo pueril de la solucion misma.

La armonía preestablecida nació, en efecto, más bien que de sistemas metafísicos, de este conflicto entre el determinismo y la libertad.

Cuando á tal expediente hubo de acudir un hombre como aquel para poner paz entre la mecánica y el espiritualismo, árduo como ninguno, y difícil sobre todo encarecimiento, debe ser el problema.

Pero veamos ante todo qué es esto de la *armonía preestablecida;* y no se olvide que en términos vulgares explicamos las leyes de la mecánica para los filósofos no-matemáticos, y que en términos vulgares y de propaganda hemos de explicar tambien nuestras filosofías para los matemáticos no-filósofos.

Leibnitz admite la existencia del alma humana: esto sabido es de todos.

Leibnitz admite la existencia del cuerpo humano, de la materia que lo forma, y de sus eternas leyes, entre otras la de la conservacion de la fuerza viva.

Leibnitz no concibe la comunicacion directa entre ambos, es decir, entre el espíritu y la materia: ni cómo lo que es es-

piritual puede dar impulso por su propia virtud á los átomos, y aumentar su energía, y desequilibrar el trabajo mecánico del universo, y fluir, digámoslo así, en el seno de la materia en forma de kilográmetros ó de caballos de vapor, que ambos nombres recibe hoy el trabajo mecánico. Alma que de esto fuera capaz, hubiérale parecido á Leibnitz algo muy semejante á la materia misma.

Hé aquí, pues, al alma por un lado con toda su libertad por atributo.

Hé aquí por otro al cuerpo obedeciendo las leyes fatales de la materia.

Hé aquí una incomunicacion absoluta entre ambos.

Y, sin embargo, hé aquí que la manifestacion visible, la encarnacion material, la forma práctica de aquella libertad ha de ser esta fatalidad.

El alma, para ser libre, ha de poder á su arbitrio dar movimiento al cuerpo en que está encerrada; pero el cuerpo no puede obedecerla, que tiene otras leyes distintas: ¿no es esto radicalmente contradictorio?

Pues aquí del nuevo sistema, dijo el inventor del cálculo diferencial.

Dios lo sabe todo desde el orígen de los tiempos, pensaba Leibnitz; y lo pasado, y lo presente, y lo futuro, todo es presente para El. Luégo Dios supo lo que cada sér libre en cada instante habia de querer; y sabiéndolo, dispuso los átomos del universo material al crearlo en tales posiciones iniciales, y les comunicó tales velocidades, que llegado que fuere un instante cualquiera, la materia al servicio aparente de cada espíritu ejecutase aquellos movimientos correspondientes á la volicion libre, que en aquel mismo instante habia de formular la sustancia espiritual á que marchaba unida. No es, pues, el alma la que se pone en comunicacion con la sustancia corpórea, y altera sus condiciones dinámicas, y liberaliza su fatalismo; no es tampoco el cuerpo el que impone al espíritu sus leyes físicas y hace imposible el libre albedrío: es el alma que quiere y el cuerpo que coincide en sus movimientos con aquel querer independiente: fatalidad y libertad marchan de acuerdo, deseo y acto son dos compañeros que siguen el

mismo camino, porque Dios mandó al segundo por las sendas que de antemano sabia que iba á recorrer el primero; son como dos relojes á los dos lados opuestos de un abismo, sin enlace, ni union, ni comunicacion alguna, pero arreglados desde el orígen de los tiempos por tan maravilloso artífice, que acordes marchan y la misma hora señalan para el intento criminal y el brazo que ha de ejecutarlo, para la intencion virtuosa y la materia que ha de realizarla.

Coincidencia perpétua de dos séres independientes que no tienen más punto de contacto que el de la omnipotencia divina.

Armonía preestablecida entre los séres libres y las masas inertes.

La ilusion es completa: yo quiero mover el brazo, y en aquel instante las ecuaciones diferenciales del sistema dan aquel movimiento, con lo cual yo creo ser el ejecutor del acto, y como si lo fuese, porque del acto seré responsable.

Hé aquí, en resúmen, la célebre teoría del inmortal filósofo.

VI.

Críticos de bajo vuelo, tan ignorantes como presuntuosos, han juzgado con sobrada ligereza esta creacion de la armonía preestablecida, no por lo que es en sí, que realmente es digna de severa censura, sino por suponer que era innecesaria, y debida no más que á caprichos metafísicos de una imaginacion desbordada.

Podrá ser absurda, podrá ser hasta pueril, pero no es caprichosa; no es innecesaria; no es un vano alarde de sutileza.

¿Qué otro medio habia entónces, por los tiempos de Leibnitz, de armonizar las leyes de la mecánica con el libre albedrío?

Gentes que estudian los más árduos problemas, como vulgarmente se dice, «á monteradas;» que toman y dejan conflictos filosóficos al por mayor; que carecen de los conocimientos necesarios para abordar ciertas cimas del humano saber, podrán dar poca importancia al problema; pero no hay un

pensador de primer órden que no le haya consagrado una buena parte de su atencion, si no lo principal. Veamos si no.

Descartes, que consideraba como fija y única la *cantidad de movimiento* del universo no podia admitir que la voluntad humana fuera capaz de crear movimiento alguno, ni de alterar en más ó en ménos aquella cantidad; y hubiérase visto obligado á incomunicar cuerpos y espíritus sin una idea, que en el fondo es exacta y fecunda, pero á la que no dió forma concreta y precisa. De algunos pasajes de sus obras se deduce en efecto, que si bien el alma no puede crear cantidad alguna de movimiento, puede ejercer en ciertas ocasiones una accion directriz sobre el movimiento mismo: relámpago de luz del inmortal geómetra francés; pero tan rápido, que sólo brilla un punto, y tras él condénsanse más y más las sombras.

Crea Leibnitz, no por vana fantasía de la imaginacion, ó por puro afan metafísico, sino por imperiosa necesidad de su espíritu, la armonía preestablecida; y que esta fué más que otra alguna la causa que le obligó á tan artificiosa combinacion, pruébase claramente con el siguiente pasaje de su Monadología. «Descartes reconoce y declara, dice Leibnitz, que »las almas no pueden dar nueva fuerza á los cuerpos, porque »la cantidad de fuerza es siempre la misma en el seno de la »materia; pero cree, en cambio, que puede el alma modificar »la direccion de los cuerpos. Porque se ignoraba en su tiem»po la ley de la naturaleza que establece la conservacion en »la direccion total de la materia, creyó Descartes en semejan»te posibilidad, que á conocer dicha ley, él hubiera venido á »parar á mi sistema de la armonía preestablecida.»

Apoyándose Kant, dice Mr. Paul Janet en el prólogo de la obra que examinamos, sobre su célebre y profunda distincion entre los *fenómenos* y los *numenas*, supone que sólo los primeros están sujetos á las leyes fatales de la mecánica, y reserva la libertad para los segundos: nueva tentativa, que no hemos de juzgar en este momento, para resolver el grave conflicto planteado por sus predecesores.

Así pues, Descartes, Leibnitz y Kant han comprendido la gravedad del problema, y han intentado resolverlo, aunque sin conseguirlo; y el problema ha venido íntegro hasta nos-

otros, con sus amenazas, con sus sombras y con sus desengaños.

Sólo en época más reciente, ya en nuestros dias, y aún puede decirse que en estos últimos años, una nueva idea ha comenzado á esparcirse por los aires, traida por influencias varias desde muy diversos puntos del horizonte.

Ya son los químicos que afirman como verdad demostrada experimentalmente que las combinaciones orgánicas son más y más *instables*, cuanto más se elevan en la escala de la vida. Porque en efecto, si los compuestos de la química inorgánica son por regla general, y relativamente hablando, sistemas estables, exceptuando las preparaciones explosivas, desde el punto en que se penetra en el dominio de lo orgánico, la instabilidad crece; todo pasa, cambia y se transforma, obedeciendo á causas mínimas; la fijeza de las leyes físicas parece estar en perpétua crisis; y cualquier sistema es, por decirlo así, agrupacion de átomos en equilibrio instable. Y esto afirma la ciencia química, sin tener en cuenta la relacion que pueda haber entre tales verdades y los más altos problemas de la Moral ó las sutiles creaciones de la Metafísica.

Ya es un ilustre matemático, Mr. Poisson, quien se encuentra en una cuestion de mecánica con que no bastan las ecuaciones diferenciales para determinar el movimiento del sistema, y se detiene confuso, y concluye por entregar *semejante paradoja*, como él la llama, al estudio y á la meditacion de los demás matemáticos, sin conseguir por su parte esclarecerla. Y tampoco Poisson paraba mientes al hallarse con tal y tan inesperada dificultad, ni en la Metafísica, ni en la Filosofía, ni en el libre albedrio.

Ya es un profundo pensador, y un distinguído matemático, Mr. Cournot, quien habla de un cierto *poder directo* del movimiento en el cuerpo humano, por cuyo medio, con un esfuerzo mínimo, se consiguen grandes transformaciones en la forma del movimiento mismo: como el guarda-agujas de una via férrea con una pequeña presion de su mano lanza al tren por una ú otra via, ó como la chispa eléctrica provoca la explosion de una mezcla detonante, el alma dirige, segun Mr. Cournot, los movimientos de la máquina humana.

Ya es, por último, el que escribe estas líneas quien en unos artículos publicados años ha en el periódico «El Imparcial,» y analizando el mecanismo de la llamada máquina humana, presenta una idea análoga á la de Mr. Cournot, aunque entonces no la conocia. En dicho trabajo se procuró, en efecto, salvar el conflicto entre el determinismo y la libertad por una série de movimientos, cuyas fuerzas vivas viniesen dadas por números variables entre dos límites, á saber: *en el músculo*, el que representa el trabajo muscular desarrollado; *en el cerebro*, un último término igual á cero; en el intervalo, una sucesion de corrientes nerviosas, cada una de las cuales viniese á ser causa determinante de la inmediata, y en cuyo proceso dinámico la fuerza viva fuese siempre creciendo del cerebro hácia el músculo.

Todas estas soluciones vienen en rigor á reducirse á otra más general, más ingeniosa, y quizá más profunda, debida á Mr. Boussinesq, y consignada en el libro de que vamos á dar cuenta.

Larga es esta introduccion seguramente; pero era forzoso plantear el problema, y que nuestros lectores comprendiesen su trascendencia y su dificultad. Ahora, bien podemos entrar de lleno en el exámen de la obra cuyo título sirve de epígrafe á este artículo, y cuyo fondo ha de ser materia y objeto del siguiente.

(*Se continuará.*)

José Echegaray.

CIENCIAS FÍSICAS.

ESTACION METEOROLOGICA DE MURCIA.

Observaciones correspondientes á la 2.ª década de Octubre de 1879, en la cual ha tenido lugar la inundacion de la huerta y barrio de esta ciudad, por el desbordamiento del Segura y de sus afluentes, durante la noche del 14.

La índole ó temperie del dia 14, que es el crítico, por haber ocurrido durante su noche la inundacion de la huerta y barrio de esta ciudad, ofrece los detalles siguientes. Calma y rumbo del S. en las primeras horas de la mañana. Despues viento E. N. E., que arrecia en el curso del dia y por la tarde. Cielo cubierto muy cargado á los corrientes del O. La tormenta debió formarse sobre Mediodía en la region O. S. O., como á 30 leguas de esta localidad, segun el cariz proceloso del cielo. Se hizo bien perceptible el temporal á la caida de la tarde, con relámpagos frecuentes, difusos ó fulgurantes, que aumentan de intensidad y frecuencia entrada la noche, constituyendo una vibracion eléctrica contínua. Mostrábase el cielo surcado por nubecillas radiadas, que iluminaba el fulgor eléctrico, conservando la tormenta el carácter de lejana, hasta las 12 de la noche, en que retruena alguna vez, sobreviniendo lluvia poco densa, compuesta de goterones, procedentes de nubes altas, que aumenta ó disminuye por intérvalos. La tempestad se propaga de S. S. O. á E. S. E. en la madrugada, como dirigiéndose al Mediterráneo, hácia el puerto de Aguilas, que sufre tambien los estragos de la lluvia torrencial é inundacion, así como otros puntos de la provincia de Alme-

ría. El trueno retumba de cuando en cuando, aproximándose la tormenta á esta region segun camina al E. S. E.; y á las siete de la mañana del 15, descarga por aquí un mediano aguacero. La altura de lluvia correspondiente á la madrugada es de $7^{mm},37$; la del turbion 6,10, y la total $13^{mm},47$.

La lluvia, segun se ve, no ha pasado de mediana en esta localidad: sin los estragos de la inundacion, no habria satisfecho por completo la necesidad que tenian los campos del rocío del cielo para mitigar la prolongada sequía del verano; ni habria bastado para contentar al labrador, que esperaba ese inmenso beneficio, con el fin de efectuar á buen tempero la sementera. En cambio la lluvia que en la noche aciaga del 14 descargó sobre la region S. S. O., produciendo el desbordamiento del Guadalentin y otros afluentes del Segura, ha tenido los caractéres de una tromba, de una lluvia torrencial, que se ha estendido por un radio de muchas leguas, puesto que en la misma noche del 14 se observó, como lejana, la tormenta con todo su menudeo de relámpagos, sin oirse trueno, derramando tambien copiosa lluvia sobre la comarca de Almaden, distante de esta capital unas sesenta leguas. Las indicaciones de los instrumentos se han apartado poco de sus ordinarias variaciones, atendido el curso del tiempo en el promedio de la estacion presente.

Murcia 6 de Noviembre de 1879.

Olayo Diaz.

Dia.	BARÓMETRO.				TERMÓMETRO.				PSICRÓMETRO.	
	A. máx.	A. mín.	A. media.	Oscilac.	T. máx.	T. mín.	T. media.	Oscilac.	Hum. v.	Tens. m.
	mm									mm
11	763,11	761,53	762,32	1,58	26°,6	14,5	20,6	12,1	81	15,5
12	765,43	764,54	764,99	0,89	25,9	15,1	20,5	10,8	74	14,2
13	765,02	762,50	763,76	2,52	24,5	15,9	20,2	8,6	76	14,2
14	760,36	758,12	759,25	2,24	24,0	16,5	20,3	7,5	75	14,3
15	759,14	756,51	757,83	2,63	24,9	15,8	20,4	9,1	87	16,2
16	755,05	755,17	755,11	0,12	25,2	14,2	19,7	11,0	81	13,2
17	761,01	760,22	760,62	0,79	22,8	10,9	16,9	11,9	59	9,3
18	762,31	760,39	761,39	1,92	25,0	9,4	17,2	15,6	68	11,4
19	764,92	763,32	764,12	1,60	25,1	9,0	17,1	16,1	61	10,8
20	763,50	759,53	761,52	3,97	30,1	10,6	20,4	19,5	63	12,9

ANEMÓMETRO.		ATMÓ.	UDOM.	ATMÓSFERA.	ACCIDENTES.
Viento.	Fuerza.	Evap.	Lluv.	Cielo.	
	m. p. s.		mm.		
S. E.	1,9	5,05	»	Nuboso...	Calma por la mañana. Brisa E. S. E. tarde.
S. E.	3,0	5,08	»	Nuboso...	Cielo cargado de nubes. Chispea. Viento S. E.
E.	3,6	4,75	0,05	Lluvioso..	Llovizna. Cielo encapotado. Sopla el Levante.
E.	3,6	3,02	7,37	Tempest.°.	Viento E. N. E. Tempestad O. S. O. tarde y noche. Lluvias.
E.	2,0	3,13	6,10	Lluvioso..	Mediano turbion 7 mm. Cubierto. Brisa S. E.
N. E.	2,1	7,63	»	Casi desp.°	Celajes. Brisa que oscila en los cuadrantes del N.
E.	0,9	4,72	»	Casi desp.°	Brisa N. N. O. Casi despejado tarde y noche.
S. O.	1,5	4,84	»	Nuboso...	Brisa S. O. Nubes por la tarde. Noche serena.
S. O.	1,0	4,57	»	Despejado.	Predomina la calma. Cielo diáfano tarde y noche.
O.	0,8	5,65	»	Despejado.	Calma y rumbo del O. Cielo totalmente claro.

CIENCIAS NATURALES.

LOS LIQUENES Y LA TEORIA DE SCHWENDENER.

Los líquenes son criptógamas bastante conocidas, aun de las personas no dedicadas especialmente al estudio de la botánica, por las costras de color aceitunado, cenizoso ó amarillento con que esas plantas visten la corteza de los árboles ó la superficie de las rocas, principalmente de las graníticas; los cantos de la inmediata Sierra de Guadarrama, riquísima en líquenes, están á veces tan completamente cubiertos por estos, que si se quieren examinar los elementos mineralógicos que componen la roca, sin romperla, es preciso levantar antes la capa no interrumpida de *Parmelias*, *Lecanoras* y *Lecideas*, que vegetan sobre aquella. La parte principal de estas plantas está formada, como es sabido, por el llamado *Thallus*, *Thalloma*, ó talluelo, y este, á su vez, se halla constituido por dos órganos diferentes: unos filamentos, variamente entrecruzados, desprovistos de clorofila, y por lo comun blanquecinos, conocidos en botánica con el nombre de *Hyphæ*, que componen la masa general del líquen, y otros, llamados *Gonidios*, arredondeados, llenos de clorofila, y que son los que dan á esas criptógamas su color mas ó menos verdoso. Los filamentos presentan grandes analogías de forma y estructura con los que forman el cuerpo de los *hongos;* y los *Gonidios*, por su parte, las presentan con algunas *algas* unicelulares. Y como no se halla rigorosamente establecida una verdadera dependencia mútua en el desarrollo de esos dos órganos, el botánico Schwendener no vió solo semejanza entre los fila-

mentos *(hyphæ)* de los líquenes y de los hongos, y entre los *Gonidios* y ciertas algas, sino que aseguró existia identidad completa; y, hace unos doce años, estableció su célebre teoría, segun la cual los líquenes no son en realidad plantas autónomas, si vale la expresion, plantas *sui generis*, sino séres formados por la union de otros dos diferentes, siendo los *Gonidios* verdaderas algas, sobre las cuales se desarrollan los filamentos ó *hyphæ*, que son verdaderos hongos, parásitos sobre aquellas.

Numerosas observaciones hechas y publicadas por Schwendener, acompañadas de magníficas láminas, y publicaciones análogas de otros botánicos, han extendido y generalizado esta teoría en los libros y en las cátedras de botánica de Alemania y Suiza; admítenla como verdadera los mejores *Tratados* de esa ciencia, por ejemplo, el de Julio Sachs, bastante conocido ya en el Mediodía de Europa, por la excelente traduccion francesa de Van-Tieghem; en Francia el Dr. Bornet, autor de notables escritos sobre algas, publicó en 1873 un extenso trabajo sobre la teoría en cuestion, ilustrado con hermosas láminas, adhiriéndose á la opinion de Schwendener; y Duchartre, en la última edicion de su *Tratado de Botánica*, tan estimado en Francia y en España, aunque no es tan partidario como Bornet de esa teoría, la cree por lo menos verosímil. Es decir, en resúmen, que la teoría de Schwendener se ha sostenido y se sostiene con gran autoridad y gran talento. Y, sin embargo, desde un principio ha encontrado oposicion en todos los verdaderos liquenógrafos; Nylander, Fries, Krempelhuber, Crombie, Körber, Müller, la han combatido con argumentos y éxitos diversos. Pero puesta la cuestion principalmente en el terreno de la anatomía, se comprende que los botánicos, que en su mayor parte se ocupan poco ó nada en el estudio de los líquenes, la resuelvan conforme á la opinion de los anatómicos; estos, no obstante, se equivocan, segun asegura Müller, profesor en la Universidad de Ginebra, en un artículo recientemente publicado en los *Archivos de Ciencias Físicas y Naturales* (número del 15 de Enero de 1879), y del cual tomo los principales datos para este. Segun Müller, ya en 1876 publicó el naturalista Minks, en

Stettin, un trabajo extenso sobre algunos órganos nuevos de los líquenes, cuyo desarrollo tenia orígen en los filamentos, y en cuyo interior, sin embargo, se desarrollaban *Gonidios;* con lo cual la conexion de orígen entre estos y los filamentos *(hyphæ)* quedaba establecida, no habiendo, por tanto, necesidad de tener á los líquenes por compuestos de algas y de hongos, sino por verdaderas plantas independientes de aquellas y de estos. Estas primeras observaciones del Dr. Minks pasaron casi desapercibidas, sin ser comprobadas por otros botánicos; pero no desmayó por eso su autor, y, hace pocos meses, ha publicado en la *Flora* de Ratisbona (1878) nuevos estudios sobre los líquenes, que generalizan en cierto modo los resultados obtenidos en 1876, y ahora ya, no sobre órganos nuevos ó poco conocidos, sino sobre los que cualquier naturalista puede observar fácilmente. El punto culminante de estos descubrimientos es el hecho de que los *Gonidios* se encuentran ya en un estado preliminar, no observado antes, y que Minks llama *Microgonidium*, en todas las celdillas de los filamentos que forman el liquen, tanto en su parte vegetativa como en la reproductiva; en ellas nacen y crecen, y despues quedan libres por reabsorcion de la celdilla madre. Este descubrimiento, si se confirma, anula en absoluto la teoría de Schwendener. Ya Minks advirtió á sus lectores, que, con los microscopios ordinarios, sería tiempo perdido el querer verificar estas observaciones, posibles solo con el empleo de los hoy llamados *objetivos de inmersion.*

Provisto, pues, Müller de los mejores microscopios, con objeto de confirmar ó negar lo observado por Minks, asegura en su citado artículo, que los resultados han superado sus esperanzas; no solo ha comprobado la existencia de los *Microgonidios* en las celdillas antes mencionadas, despues de preparadas cuidadosa y sucesivamente con la potasa cáustica, el ácido sulfúrico y la tintura de yodo, sino que los ha visto tambien, sirviéndose de objetivos de inmersion, sin necesidad de preparacion química preliminar. En un trabajo anterior emitió Müller la hipótesis de que los *Microgonidios*, de color mucho mas pálido que el de los *Gonidios* ordinarios, deberian presentarlo mas verde, mas intenso, en los líquenes de los

paises tropicales, desarrollados bajo la accion de una luz mas viva; y esta hipótesis acaba tambien de confirmarse. El conocido y célebre viajero, Dr. Schweinfurth, ha traido varias *Parmelias* y otros líquenes del Africa central, y en ellos ha visto Müller los *Microgonidios*, de un color verde tal, que apenas se distingue del de los *Gonidios;* y asegura que pueden verse con cualquier buen microscopio, aun sin objetivos de inmersion. Es, pues, segura la existencia de los *Microgonidios;* y en cuanto á su tránsito á *Gonidios*, puede comprobarse fácilmente, segun Müller, estudiándolos en los filamentos situados inmediatamente debajo de la capa mas externa del *Thallus*, llamada por los liquenógrafos *capa cortical* ó *corteza*. En ellos se encuentran los *Microgonidios*, encerrados aún en las celdillas madres, pero presentando ya todos los grados intermedios entre el tamaño menor de los mismos y el de los *Gonidios*. Resulta, en fin, segun los últimos trabajos y observaciones de Minks y de Müller, que los *Gonidios* tienen su orígen en los filamentos ó *hyphæ;* que no son algas; que los filamentos de los líquenes son diferentes de los que forman los hongos, y que, por tanto, no puede sostenerse que un líquen sea un sér compuesto de algas y de hongos, debiendo, por el contrario, ocupar su puesto, su categoría entre las demás clases de las plantas criptógamas *Thallofitas*.

LAGUNA.

OPINION DE LINNEO SOBRE EL ORIGEN DE LAS ESPECIES VEGETALES.

Aun cuando no se conceda hoy ya la importancia que en tiempos pasados se ha concedido á los argumentos llamados de autoridad, al *jurare in verba magistri*, es indudable, sin embargo, que hay nombres de tal valía en la historia de las ciencias, que, no solo habrán de pronunciarse siempre con respeto, sino que, además, seguirán siendo de gran peso en el exámen y decision de tantas y tantas cuestiones como las

que, no resueltas todavía, se nos presentan á cada paso en el estudio de la naturaleza. Y ¿quién duda de que lo dicho puede aplicarse al nombre de Linneo, cuando de cuestiones de botánica se trate? No es, pues, de estrañar que en la controversia, casi diaria, que se sostiene en diversas *Revistas* científicas de América y Europa, entre darwinistas y antidarwinistas, se invoque por los últimos el nombre del ilustre botánico sueco en apoyo de la opinion que supone creadas de una vez todas las especies, y conservándose estas invariables dentro de los límites de su tipo á través de los siglos.

Y, en efecto, conocido es, y con frecuencia citado, el aforismo 157 de la *Philosophia botanica*, publicada en 1751, que dice: «*Species tot numeramus, quot diversæ formæ in principio sunt creatæ.*» Pero no siempre se expresó Linneo de esa manera, ni en esa forma tan absoluta; de fecha posterior á la citada, hay en las obras de Linneo textos que, no solo se diferencian de ese aforismo, sino que en algo importante lo contradicen.

Ya Völkel y Reûschle, en la Revista alemana *Ausland* (1869 y 1871), y Heûfler y Mohl en el *Semanario botánico* de Berlin (Bot. Zeit., 1870 y 1871), llamaron la atencion sobre algunos de esos textos, que vamos á examinar aquí, aunque sea ligeramente. En la disertacion «*Fundamentum fructificationis, quod sub Præsidio D. D. Linnæi proposuit Joh. Mart. Gräberg* (Upsal. 1762, Octubre 16), se lee lo siguiente: «*Sus»picio est quam diu fovi, neque jam pro veritate indubia ven»ditare audeo, sed per modum hypotheseos propono: quod scili»cet omnes species ejusdem generis ab initio unam constituerint »speciem, sed postea per generationes hybridas propagatæ sint, »adeo ut omnes congeneres ex una matre progenitæ sint, harum »vero ex diverso patre diversæ species factæ.*»

Estas mismas ideas vuelven á hallarse, en forma aún mas clara y detallada, en la Introduccion á la parte botánica de la edicion 12.ª del *Systema Naturæ* (Holm. 1767), en la cual se lee lo que sigue: «*Principium fructificationis, fundamentum »Botanices, est altius repetendum.* Problema: *Supponas D. O. O. »in primordio e simplici progressum ad composita; e paucis ad »plura! adeoque a primo Vegetabili principio, tot tantum creas-*

»*se* plantas diversas, *quot* Ordines naturales. *Has Ordinum* »*plantas Ipsum dein inter se generando miscuisse, ut totidem* »*exorirentur plantæ, quot hodie distincta existunt* Genera. *Na*»*turam dein genericas has plantas per generationes ambigenas* »*inter se miscuisse et multiplicasse in* Species *existentes, quot*»*quot possibiles, exclusis tamen ab ejusmodi generatione pro*»*ductis plantis hybridis, utpote sterilibus.*»

Sin necesidad de seguir adelante rebuscando textos, vemos, por los ya citados, que muchos años despues de haber escrito y publicado Linneo su *Filosofía botánica*, cree, ó por lo menos sospecha, que el Creador, en un principio, solo creó tantas plantas diversas cuantos son los tipos de las que hoy llamamos *Familias vegetales;* que despues, por la mezcla de esas plantas, creó los tipos de los que hoy llamamos *Géneros*, y que, posteriormente, no ya el Creador, sino la naturaleza; por la mezcla de esos tipos genéricos, dió orígen á las especies existentes.

Y entonces, ¿por qué no aumentan estas indefinidamente? es lo primero que ocurre preguntar; á lo cual ya contestó en cierto modo el mismo Linneo, diciendo: «*Non sine ratione credo, tales species tot, jam tanta mundi ætate, esse productas, quot produci facile possibiles sunt* (*fundament. fructific.*, §. XI);» añade, sin embargo, despues, «que no juraria que no existiesen en su tiempo mas especies en Europa que las que habia 140 años antes, cuando Bauhino publicó su *Pinax.*»

En la obra de Linneo mas conocida y mas consultada, en su «*Species Plantarum,*» al llegar al género *Rosa*, verdadero tormento hoy de los botánicos linneanos, y mina inagotable para los que de cada ejemplar hacen, como suele decirse, una *especie nueva*, se expresa así su ilustre autor: «*Species Rosarum difficillime limitibus circumscribuntur et forte Natura vix eos posuit.* (*Sp.* II, p. 705, *sub R. spinosissima*).—*Species Rosarum difficile distinguuntur, difficilius determinantur; mihi videtur, Naturam miscuisse plures, vel lusu ex una plures formasse; hinc qui paucas vidit species, facilius eas distinguit, quam qui plures examinavit.*» (*Sp.* I, p. 492, *sub R. indica.*) Y que especies procedentes de la mezcla, no ya de otras dos distintas, sino aun de distintos géneros, pudieran vivir y pro-

pagarse, tampoco lo dudó Linneo; apenas habrá botánico castellano que no haya recolectado la hermosa digital *(Digitalis Thapsi)* que en Mayo y Junio adorna los peñascales de las Sierras de Guadarrama y de Gredos; y si, para determinarla, ha consultado la descripcion original dada por el mismo Linneo en su *Species Plantarum*, tal vez se habrá fijado en una nota que dice: *¿Anne filia Digitalis purpureæ e Verbasco Thapso?* es decir, que Linneo dió á esa planta el nombre de *Digitalis Thapsi*, porque la creia hija de la *Digitalis purpurea* y del *Verbascum Thapsus*, como madre la primera y como padre el segundo.

De modo que, por mas que no pueda sostenerse, como quiso hacerlo Heüfler, que Linneo fuera uno de los precursores del moderno *evolucionismo*, idea perfectamente rebatida por Hugo Mohl, es, sin embargo, indudable, es innegable la gran diferencia que existe entre el pensamiento encerrado en el aforismo 157, y lo que se lee en los demás textos antes citados.

M. Laguna.

LOS SARGAZOS (SARGASSUM BACCIFERUM, AG.)

como medio de emigracion para varios animales marinos.

En uno de los últimos números de la Revista inglesa *Nature* (Febrero 20 de 1879), ha publicado el naturalista Matthew Jones las observaciones que ha hecho, respecto al asunto que sirve de epígrafe á este artículo, en sus viajes á las islas Bermudas, observaciones que tal vez ofrezcan algun interés á los botánicos y á los zoólogos que estudian la distribucion geográfica de los animales marinos.

En la parte del Atlántico, situada entre los Azores y las Bermudas, existen esas islas flotantes y verdosas, esa vasta acumulacion de algas, conocida de los marinos desde el tiempo de Colon con el nombre de *Mar de Sargazo*.

Los vientos dominantes durante el invierno, por lo comun del S. E. á S. O., llevan á las Bermudas extensos manchones ó rodales aislados de esas plantas, rico presente para los agricultores que, sin ellas, quizá no tendrian abono bastante para sus tierras. Un campo de Sargazos, llamémosle así, que viene del mar á la costa, presenta en su superficie, como color dominante, un verde oscuro salpicado de manchas de amarillo mas ó menos claro; y observado de cerca, se le ve habitado por varias especies de crustáceos y moluscos pelágicos y litorales, marcándose principalmente por su color, de un blanco perlino, la conocida concha del casi desconocido cefalópodo, *Spirula prototypus*, de Peron, ó *Spirula Peronii*, de Lamarck, así como la linda concha purpúrea de la *Ianthina communis*, Lam., y las singulares formas de los Acalefos, verdaderamente oceánicos, *Velella communis* y *Physalia pelagica*, Lam., que á veces se presentan en gran número, sobre todo si reinan fuertes vientos del Sur, que los arrojan á miles sobre la costa, juntos con las conchas de la *Ianthina*.

En los bordes de estos campos flotantes suelen verse varias especies de peces, que sin duda han venido con ellos, encontrando en los mismos alimento y abrigo; una especie en particular, el *Chironectes* ó *Antennarius marmoratus*, Bloch., notable por el desarrollo de sus aletas pectorales en forma de brazos, se ve con frecuencia entre los *Sargazos;* entre ellos dispone su nido maravilloso, suspendido por medio de unas fibras sedosas, que le dan fuerza bastante para soportar los manojos ó racimos de huevos. Jones ha encontrado algunos de estos nidos, pero asegura que no son comunes.

No puede dudarse de que esas masas flotantes en medio del Atlántico, son las que llevan algunas formas tropicales hasta las Bermudas, Azores, Canarias y Madera, y que sin el abrigo protector de esas algas, jamás hubieran visitado las costas de esas islas. Dice Jones haber observado que, aun en los grandes temporales, y aunque el mar se halle fuertemente agitado, nunca rompe este á través de esas masas de *Sargazo;* y es natural que esa falta de agitacion atraiga á ellas algunos peces, mucho mas si se tiene en cuenta que allí encuentran provision de alimento y abrigo contra sus enemigos, siendo,

por tanto, un excelente medio de emigracion, no solo para algunos peces, sino tambien para otros muchos animales marinos, que de ese modo han podido llegar á las Bermudas, hasta Nueva-Escocia, y aun hasta Terranova, altas latitudes, á las que, sin ese medio, no hubieran quizá llegado nunca.

Respecto á la verdadera patria, al *habitat* original del *Sargassum bacciferum*, así como respecto al orígen de esas inmensas masas de algas flotantes en medio del Atlántico, compuestas de esa sola especie, opina Jones que debe esperarse el resultado de ulteriores exploraciones, pues aun cuando es cierto que esas plantas nacen en algunos puntos de las costas de las Bermudas, aun suponiendo estas costas completamente vestidas por esas algas, no darian una décima parte del material que forma la masa del llamado *Mar de Sargazo*.

M. Laguna.

EL CONGRESO CIENTIFICO DE BEX.

Do quiera que brille la luz de la sabiduría, acude el hombre presuroso para ilustrar más su entendimiento; y este afan, que ha dominado en todas las edades, parece haber tomado grande vuelo en nuestros dias.

A la enseñanza teórica ó especulativa, siguió la práctica demostrativa y experimental; y á la sedentaria de las aulas, gabinetes y academias, la más activa de los viajes, exploraciones y estudios de investigacion, realizados en los mismos sitios donde tienen lugar las grandiosas escenas de la naturaleza.

Los Congresos científicos que con frecuencia vemos anunciados en diferentes puntos de Europa, son reuniones habidas en grandes poblaciones, donde la cultura moderna facilita á los sabios concurrentes cómodo hospedaje y local espacioso para celebrar sus sesiones, reducidas á darse cuenta de los

adelantos que en los diferentes países hacen estos ó los otros ramos del saber. De tales Congresos, unos son eventuales, para tratar determinados asuntos puestos al exámen de las especialidades del ramo, y otros son periódicos, que anualmente se reunen para discutir cuestiones de antemano sometidas al estudio para su detenido exámen, ó bien para oir explicar á los mismos autores las nuevas doctrinas que han ideado, y pretenden la sancion de la ciencia para propalarlas, ó bien para dar conocimiento de sus descubrimientos. De esta índole son la Asociacion francesa para el adelantamiento de las ciencias, y otras várias de Alemania y de Italia, análogas á aquella; pero la titulada Helvética lleva más adelante sus tareas, pues alcanzan hasta las investigaciones prácticas, como lo hacen ya las sociedades Botánicas y Entomológica francesas, que todos los años verifican viajes y excursiones de la mayor importancia por diferentes comarcas, habiendo extendido las suyas la última Asociacion citada á nuestra Península, cuyas vertientes pirenáicas han sido recorridas varias veces, y hasta el interior de Castilla, en cuya cordillera Carpetana tuve hace unos cuantos años el placer de encontrarme entre mis ilustrados colegas, ávidos de recolectar las especies nuevas españolas que de tales sitios habia descrito yo en los Anales de la misma Sociedad Entomológica, y áun en las Memorias de esta Real Academia de Ciencias y de la Comision del mapa geológico de España.

Pero la Asociacion Helvética para el adelantamiento de las ciencias naturales, que ya cuenta 60 años de existencia, funciona con tal regularidad, y han dado tales resultados sus tareas, que merece presentarla por modelo, dando cuenta sumaria en nuestra Revista de su historia, y como ejemplo de sus tareas, las habidas en su último Congreso.

Dicha Asociacion se fundó en Ginebra el 6 de Octubre de 1815 por los 22 miembros de la Sociedad de la misma poblacion, y por 7 más de cada una de las dos Sociedades de naturalistas, que acababan de establecerse en Berna y Lausana, organizándose en la capital de la Confederacion suiza en el siguiente año de 1816, en cuyas primeras sesiones fué en las que por vez primera Ignacio Venetz, ingeniero de Lion,

expuso la teoría de las neveras heladas en un luminoso discurso que entusiasmó á todos.

El segundo período de la Asociacion Helvética comprende desde el 1817 hasta el 1826, y durante su trascurso tomó actividad suma la direccion científica de pública utilidad, dándose ya á luz los discursos y las actas de las sesiones celebradas, acordándose además la formacion de una gran biblioteca en Berna para el uso de todos los científicos, señalándose además ternas para concursos y premios.

El período tercero de esta Asociacion-modelo, comprende desde el año 1827 al 35, y en las tareas emprendidas en dicho tiempo sobresalen las primeras tentativas para la formacion de la carta topográfica de Suiza, y los trabajos del citado Venetz y Charpantier sobre la existencia antigua de las neveras heladas.

Progresando siempre la Asociacion Helvética en su cuarto período, que corre desde el 36 al 59, dió nueva organizacion á sus interesantes Memorias, y la Asamblea general, ya muy numerosa, acordó dividirse en secciones representantes de los diversos ramos de la ciencia. Los estudios sobre las neveras congeladas y los peñascos erráticos por Charpantier y Agassiz, tomaron gran desarrollo, y B. Studer y A. Escher de la Lizoth presentaron la primera carta geológica de la Suiza.

En lo moral como en lo físico, el movimiento, que recibe de contínuo nuevo impulso, crece con rapidez asombrosa, produciendo resultados inesperados. Así, la contribucion científica de tantos hombres esclarecidos, como ya formaban parte de la Asociacion Helvética en su quinto período, que está comprendido entre el 1860 al 74, produjo sorprendentes adelantos, tales, por ejemplo, la formacion de una carta geológica de la Suiza en grande escala; la organizacion de las observaciones meteorológicas bajo un plan comun general, y la participacion en los trabajos internacionales de la medida de un grado meridiano en la Europa media. B. Studer dió la historia de la geografía física de Suiza hasta el 1815, realizándose la fundacion Alejandro Federico Schläfti para el establecimiento de premios por concurso sobre puntos referentes á la historia natural de Suiza.

Por fin, en el presente período, que ha empezado en 1875, es notable la influencia que ejerce la Asociacion Helvética en los progresos de las ciencias naturales, compitiendo á porfia con el movimiento científico que se nota en toda Europa. A esto contribuye el consorcio de los sabios contraido en sus congresos anuales, el cual ha dado orígen á la formacion de otras muchas asociaciones parciales que, á imitacion de la madre-modelo, se ocupan en los detalles de las tareas científicas referentes á los distintos cantones. Así, además de las cuatro Sociedades existentes al crearse la Asociacion Helvética, hoy hay en Suiza las de Auran, Basilea, Jura Cernes, Fribourg, Coire, Lucerna, Neuchatel, Gall, Schaffhouse, Soleur y Trauenfeld.

El número de miembros nacionales que tiene la Asociacion Helvética asciende á 759, y de ellos 22 cuentan más de 50 años de asistencia á sus congresos, registrándose entre sus nombres los de Buchwalder, Incichen, Gautier, y Studer, residentes en Delemont, Lucerna, Ginebra y Berna, los cuales llevan largos años dedicados á la ciencia. Hay 84 miembros honorarios extranjeros, y para merecer este título exije el Reglamento que tales indivíduos «*no podrán elegirse sino en»tre los hombres que se hayan distinguido en el estudio de las »ciencias naturales, sea por lo que interesa á Suiza ó á los de»mas países.*» De esta clase benemérita de socios tiene 24 la Confederacion Germánica, 19 Francia, Italia 17, Inglaterra 10, los Estados-Unidos 5, Austria 3, Rusia 3, Dinamarca 1 y España 2, que ambos tienen tambien la honra de pertenecer á esta Real Academia de Ciencias de Madrid.

Para pertenecer á la Asociacion Helvética, no basta pagar una cuota anual ó de entrada, como sucede en algunas otras Sociedades que conocemos, y que por lo mismo sus títulos no acreditan representacion científica y sí liberalidad pecuniaria de parte de los socios, para favorecer la institucion que así negocia sus diplomas. Léase la larga lista de los indivíduos que constituyen la Asociacion Helvética, y se verá que todos ellos han pagado al saber verdaderos tributos científicos, alcanzando renombre por sus preciadas ofrendas. Si no fuera impropio de un artículo como el presente incluir la extensa

lista de los nombres á que me refiero, se veria que la Asociacion Helvética es el más escogido ramillete de sabios de Europa, donde campean los de Agassiz, Bayle, Bernart, Bertran, Bertoloni, Capellini, Boissier, De-Candolle, Bunsen, Clausius, Cornalia, Daubrés, Meyer, Martius, Milne-Edwards, Hayden, Kölliker, Ticher, Forel, Shimper, Ziyler, Woll, Müller, Lunes, Mancini, Studer, Christoffel, Owen, Kauss, Girardin, Simonda, Reichembach y tantas otras espléndidas flores del vergel de la sabiduría.

Viniendo ya á mi objeto, voy á referir lo que presencié en el Congreso de Bex, que fué el sexagésimo celebrado por la Asociacion Helvética, cuya célebre corporacion científica me dispensó la honra de invitarme á su reunion, estando yo en Lausana de representante diplomático de España en la Asamblea internacional filoxérica.

Los lectores de nuestra Revista podrán así enterarse del modo cordial y entusiasta cómo en otros países se celebran tales reuniones, que pueden considerarse como verdaderas ferias científicas, porque cada cual lleva á ellas las producciones de su entendimiento para hacerlas circular, adquiriendo por cambio las que traen los otros colegas: movimiento científico rápido, que es desconocido en nuestra tierra, y por lo mismo creo un deber nuestro procurar instituirlo por sus beneficiosas consecuencias.

Como las ferias, los Congresos de que trato son una verdadera fiesta científica en que todas las clases de la sociedad toman parte para festejar á los sabios congregados, principiando por las mismas empresas de los ferro-carriles, que les facilitan los viajes con extraordinarias rebajas en los precios.

Bex es una poblacion pintoresca por su situacion, como suelen serlo muchas de las de Suiza. Está en el valle del Ródano, casi á orillas de este caudaloso rio y al pié de *Les Dents de Morles*, elevada montaña frente *Les Dents du Midi*, cuyos picachos siempre los blanquean las nieves eternas. La pequeña llanura que ocupa el término de dicha poblacion, la fertilizan las aguas del *Avenzon*, que recorre sus calles.

Bex fué la residencia de Haller durante muchos años, y á la memoria de esta eminencia científica celebraba su 60.º Con-

greso la Asociacion Helvética el año 1877. El camino de hierro que de Italia viene á Suiza pasa por Bex, y su estacion se veia engalanada el 19 de Agosto de dicho año con infinitas banderas y gallardetes, coronas de flores, arcos de ramaje y faroles venecianos y trasparentes pintados con inscripciones alusivas para la iluminacion de noche.

De cada tren que llegaba se veian bajar numerosos viajeros, que por sus especiales equipos eran pronto reconocidos como naturalistas. En el andén la comision de festejos les recibia y acompañaba al salon de descanso, donde se les entregaba á todos el programa de las sesiones y fiestas, la boleta del alojamiento y las insignias de asociado ó de mero asistente científico, que eran colocadas como condecoracion en un ojal de la levita. Unos estudiantes del colegio de Bex, tambien con particular distintivo, servian de pajes á los naturalistas conduciéndoles á los hoteles que les habian sido designados, y de guias para acompañarles á todas partes. Desde la estacion de la via férrea al pueblo, todo el paseo estaba adornado lo mismo que las calles y fachadas de las casas; y en suma, la poblacion entera vestia de gala, y músicas y coros por do quiera entonaban cánticos en honor de los científicos que iban llegando. La poesía de la fiesta era grande, si bien poco selecta la versificacion de los cánticos y leyendas de los trasparentes. Véase una muestra:

Honneur à vous sondeurs de la nature
Au seine de nous soyez les bien venues.
Entrez comme chez vous dans nos alpestres demeures,
Et tous jouirons la bonheure de votre visite.

—

Nous sommes heureuses dans notre coeur
De posseder ces quelques jours
Les disciples de la sciencc;
Nous les offrons modestement
Nos amities, et pour long temps
Notre humble et devouée souvenir.

El programa de las sesiones y los avisos de las esquinas anunciaban que la noche del citado dia 19 habria, como vis-

peras, recepcion en el Círculo *Logis du monde*, donde se serviria á las ocho de la noche una modesta colacion y refresco á todos los asociados. Por demás es decir que la concurrencia fué numerosa, no tanto atraida por el obsequio ofrecido, como por la curiosidad de conocer las notabilidades que allí deberian encontrarse ya congregadas.

Golpe de vista curioso ofrecia el salon, ó mejor sótano, que dispuesto á manera de refectorio le llenaban numerosos convidados, viéndose entre ellos varias señoras, que si no elegantes trajes, vestian cómodo ropaje para trepar por las montañas, lo cual nos hizo comprender desde luego pertenecian tambien al gremio de nuestras queridas ciencias. La colacion fué abundante pero sencilla, y al concluirse, por grupos pasamos todos á beber la cerveza al local donde solia concurrir Haller á hacer lo mismo y fumar su pipa.

El entusiasmo científico que reinaba en tal recinto es indescriptible, repitiéndose con sobrada frecuencia, despues de cada discurso pronunciado en honor del gran fisiólogo sostenedor de la *preformacion*, los correspondientes brindis que otros pronunciaban por su antagonista Wolff, el descubridor de las teorías *epigénicas*, tan tenazmente combatidas por Haller, y que por fin han triunfado en nuestros dias, como es probable triunfen tambien otras que, como aquellas entonces, son calificadas ahora por algunos de extravagantes y atrevidas.

Terminadas estas vísperas, cada cual se fué á esperar la reunion del siguiente dia, anunciada para las ocho de la mañana en el espacioso local de la iglesia protestante.

Desde muy temprano se veian concurridas las calles de Bex, y la plaza frente de la iglesia ocupada por número crecido de científicos, que recibian con aplauso á los maestros, que llegaban dándoles la bienvenida. Alfonso De-Candolle, Planchon, Boissier, Shimper, Baun, Forel, Bertoloni, Targionitoceetti, Capellini, Vogt, Siegfried, Schuetzler y muchas otras notabilidades fueron saludadas así. De tan expresiva cortesía participamos tambien mis compañeros portugueses los señores Oliveira, Barros y yo, que viajábamos juntos y hablando en castellano; la novedad de este idioma en aquella tierra, hubo de llamar la atencion, fijándose en nosotros, que

reconocidos por Shimper, Boissier, Planchon y Victor Fatio, nos salieron al encuentro, divulgando la especie de que quizás por vez primera la Península ibérica iba á estar representada en un Congreso de la Asociacion Helvética.

Es tal el interes que tiene para los sabios de Europa todo lo relativo á la historia natural de nuestra Península, que sin mas recomendacion para nuestras humildes personas que el saber nos ocupábamos en el estudio de su naturaleza, fuimos acogidos con tales muestras de consideracion y con tales deferencias, que nos vimos confundidos y apurados para corresponder á ellas. Se quitaban la vez unos á otros para pedirnos datos referentes á España y Portugal sobre los diferentes ramos que cada uno cultivaba, como si fuéramos omniscios y pudiéramos contestar á todo, sintiendo mas que nunca no vernos acompañados de otros compatriotas que nos ayudaran á sostener la reputacion de las ciencias en las dos naciones ibéricas.

Llegada la hora de inaugurar las tareas del Congreso, se llenó el templo, que bien podia llamarse entonces de la Ciencia, por el crecido número de sabios que contenia.

Al discurso de apertura que hizo la Presidencia, dando cuenta de los progresos de la Asociacion Helvética y su floreciente estado, siguió la lectura de varias Memorias presentadas por los socios; y la primera leida fué la de mi colega en el Congreso filoxérico de Lausana, el doctor Cárlos Vogt, eminente profesor de Zoología de Ginebra; y el asunto de que su notable escrito trata, *La adaptacion de los crustáceos copépodos al parasitismo*.

Que se sea partidario de la teoría de Darwin, como ya lo son muchos sabios de Europa, ó que se combatan sus principios generales, que tanta luz han derramado sobre las ciencias naturales, dando enérgica impulsion á las investigaciones en uno como en otro campo, no podrá menos de reconocerse que ciertas causas, apreciadas en nuestros dias mas que antes, obran del modo mas eficaz sobre los organismos, produciendo efectos incontestables. Nadie osará negar en estos tiempos la herencia ó trasmision directa ó indirecta de los caracteres de los padres á sus descendientes, ni tampoco la facultad in-

nata de los organismos para plegarse hasta cierto punto á las exigencias del combate por la vida, experimentando por esta causa modificaciones útiles, que designamos generalmente con el nombre de *adaptacion* á los medios ambientes. Para el que quiera razonar sobre los hechos, comparándolos, es evidente que la herencia, por un lado, y la *adaptacion*, por otro, conducen á un resultado, cuyos reflejos son los caracteres del organismo. No pueden existir una sin otra; los caracteres adquiridos por la *adaptacion* no pueden trasmitirse á la descendencia sin la herencia, y esta trasmision sería rigurosa y sin variacion, si no fuese continuamente modificada por las *adaptaciones* ulteriores de los descendientes.

Bajo estos principios nos desarrolló Vogt en su Memoria la *adaptacion* de los crustáceos *copépodos* al parasitismo, estudiado en el laboratorio zoológico experimental de Roscoff, pequeña poblacion del litoral de la Normandía; y son curiosísimas las observaciones que ha verificado para probar que *los parásitos derivan de animales primitivamente libres, que no llegan al parasitismo sino por consecuencia de una adaptacion acumulada por herencias sucesivas.* Dicho profesor nos hizo notar, como demostracion, la circunstancia comprobada de que al lado de los grupos de parásitos encontramos los de sus afines formados por animales libres, cuya organizacion solo difiere por pequeñas modificaciones debidas al diferente género de vida de cada grupo. Así es como los *planarias*, por su organizacion, están íntimamente ligados con los *trematodos ecto* y *endo* (1) parásitos, y los crustáceos *siphonostomos* tienen sus paralelos en los *copépodos*, y los *isópodos* parásitos en los *isópodos* libres. En el dia, todos los naturalistas reconocen ya que la diferencia antes establecida entre los parásitos y los animales libres, no puede sostenerse, y que Cuvier, colocando los vermes parásitos entre los zoófitos, hizo dar un paso atrás á la ciencia.

Mr. Vogt nos hizo notar que en el desarrollo de los parásitos se encuentran aún otras pruebas en favor de su proposi-

(1) Internas y externas.

cion, y son la de que, salvos algunos casos raros y excepcionales, que tienen su explicacion en circunstancias secundarias, todos los parásitos son libres durante cierta época de su vida, y principalmente en su juventud. En este primer período de su existencia despues del nacimiento, gozan los animales, que mas tarde vemos adheridos á sus huéspedes, de una libertad de locomocion con frecuencia muy grande, encontrándoseles en el estado de larva, basando por el elemento líquido, si los animales son acuáticos.

Entre los infinitos detalles de gran interes científico que tiene el escrito que el doctor Vogt nos leyó para dar principio á las tareas del Congreso de Bex, y que no es posible los recuerde ahora todos con exactitud, es uno el que voy á referir, y que por su interes en la doctrina y suma curiosidad, se me fijó en la memoria. Los crustáceos parásitos que aquel profesor de Ginebra nos presentó como objeto de sus observaciones, son célebres por el dimorfismo de ambos sexos, causando verdadera sorpresa ver la enorme diferencia de los pigmeos machos, que como pequeñas verruguillas están adheridos tenazmente en el orificio de los órganos genitales de sus hembras, gigantescas en proporcion relativa. Los *Brachiella*, *Charopinus*, *Anchorella*, *Chondracanthus* y otros varios géneros análogos que vimos, ofrecian desigualdad tan singular, que sube aún mucho de punto al observar las notables desemejanzas de dichos machos con sus correspondientes hembras, por la forma de su cuerpo, de sus apéndices articulados, y por su organizacion interna. Tales machos, además, son á la vez, segun se ve, parásitos de aquellas, por lo menos, en cuanto se refiere al establecimiento de su residencia, pues Vogt no ha encontrado erosiones ni pruebas de que vivan á expensas de la sustancia del cuerpo de sus esposas.

Al concluir la lectura y demostraciones que nos hizo el doctor Vogt de sus tareas sobre la *adaptacion de los crustáceos copépodos al parasitismo*, fué saludado con aplausos repetidos; que evidenciaban la aceptacion unánime de los principios sostenidos en escrito tan notable.

El comendador G. Capellini, eminente profesor de la Universidad de Bolonia, presentó tres Memorias á cual mas inte-

resante. En la primera trató de la ballena de Taranto (*Balæna tarentina*, Capellini), que desde los tiempos históricos ha sido la primera ballena verdadera que se ha visto en el mar Mediterráneo, y fué capturada en la mañana del 9 de Febrero del año pasado por el Sr. F. Hueber en el golfo de Taranto, á 2 kilómetros de la ciudad, disfrutando todo su vecindario del espectáculo de tan extraordinaria pesca. Capellini la considera especie nueva; y despues de un exámen muy detallado del esqueleto que describe, resume los caracteres principales del modo siguiente:

«Cabeza y aletas, diversas, por su forma, de las de la *Ba»læna biscayensis* y de la *mysticetas;* color enteramente negro; »parásitos sobre el rostro y labios, y labios como en la ba»llena del hemisferio central; huesos nasales de la forma típica »de la ballena de dicho hemisferio; rostro poco encorvado; »240 *fanones* ó ballenas cortísimas en cada lado; 57 vérte»bras. Las vértebras de la region cervical, incompletamente »soldadas; la cara condiloidea del atlas, escotada en su lado »interno correspondiente al canal raquídeo: la 4.ª, 5.ª y 6.ª »tienen una hendidura en el lado inferior de su cuerpo, que »profundiza algunos milímetros; la 7.ª es libre. El homoplato »es mas ancho que largo.»

Por tales caracteres, dicha ballena resulta no tener semejanza con la del hemisferio septentrional, teniéndola mucha con la *Balæna australis* y con el *Machayius australiensis*. Se distingue de la *B. australis* por los caracteres de la region cervical, y por lo corto de los *fanones*, que en un indivíduo de 11 á 14 metros tienen cerca de 3, mientras que en la *B. tarentina* observada, que mide 12 metros, sus fanones mas largos tienen sólo 76 centímetros, siguiendo la corvadura interna del paladar. Los caracteres de la region cervical tienen mas analogía con los del *Machayius australiensis*, y recuerdan el género *Balænotus*, *Balænula* é *Idiocetus*, que se encuentran fósiles en el terreno pliocénico de Bélgica y Toscana. La escápula tiene la forma característica de la del *Balænopterus*, y se parece apenas á la del *Machayius australis*, en el que ya se observa el mayor diámetro antero-posterior que el vertical.

Por los caracteres que la *B. tarentina* tiene de comun con la de la Nueva-Zelanda, Capellini admite haya podido venir estraviada del hemisferio austral, y sospecha que sea el verdadero Black-Whale, tan solo conocido de los balleneros, porque los naturalistas no han tenido oportunidad de ver su esqueleto.

El nombre de *Balæna tarantina*, que Capellini ha impuesto al gran cetáceo de que se trata, dijo lo hacia para recordar el sitio del Mediterráneo donde en los tiempos históricos habia sido capturada la primera ballena verdadera, cuyos restos esqueléticos han sido depositados en el Museo de Historia Natural de Nápoles.

No menos interesante la segunda Memoria presentada por el profesor Capellini, contiene detalles importantes sobre otra pequeña ballena que en 1771 fué llevada á la pescadería de Bolonia, donde Cayetano Monti, Fernando Bassi y Cárlos Mondini la estudiaron, habiendo preparado parte de ella este último naturalista para el Museo de aquella célebre Universidad.

El 26 de Marzo de 1772, Mondini leyó en la Academia de Bolonia una Memoria sobre el cráneo del referido cetáceo, que refirió á la *Balæna boops* de Linneo. Desgraciadamente, el escrito de aquel ilustre académico quedó inédito, y por fin se perdió, no encontrándose más que algunos dibujos que, juntamente con el cráneo y una aleta preparada que se conservan en el Museo citado, ha podido el profesor Capellini, á fuerza de ímprobas consultas y estudios minuciosos, reconocer, despues de un siglo y seis años trascurridos, que los restos de aquel cetáceo pertenecen á una nueva especie del tipo genérico *Sibbaldius*.

Los principales caracteres por los que el cráneo de una balenóptera del referido tipo puede distinguirse del de los tipos *Physalus* y *Balænoptera* tal, consisten no solo en la forma general del cráneo, que pende de la proporcion del occipital y del rostro, sino tambien en la figura del frontal, tan ancho casi en la extremidad externa como en su base, y en la de los nasales prolongados, estrechos y anteriormente truncados. La comparacion de tales caracteres ha servido á Capellini para la fijacion del género, y el minucioso estudio del

aparato auditivo, tambien comparado entre los *Sibbaldius laticeps* y *Schlegeli* le han conducido á reconocer una nueva especie en la pequeña ballena vendida en 1771 en la pescadería de Bolonia, que en memoria del primer naturalista que dió noticia de ella, Carlos Mondini, la dedica á su nombre con el de *Sibbaldius Mondini,* Capell., dando la siguiente frase descriptiva:

Sibbaldius Mondini: «Anchura del frontal en su base, »igual á la superior de la órbita; huesos nasales anteriormente »truncados; seccion de la caja del tímpano, menos cordifor»me que la del *Physalus antiquorum,* de la que puede distin»guirse muy fácilmente.»

Segun manifestó el autor de esta segunda Memoria, el cetáceo de que en ella trata tiene alguna relacion de parecido con el *Cetotheriophanes Capellini* del terreno plioceno de Italia, y con el *Heterocetus Burtinii* del Crag de Anversa.

Por fin, en su tercera Memoria presentada al Congreso de Bex por Capellini, nos dió noticia detallada sobre un misticeto fósil de la Italia meridional, que despues de parecidos estudios analíticos de anatomía comparada, ha reconocido ser nuevo, y dedica al profesor Guiscardi, del Museo de Nápoles, con el nombre de *Heterocetus Guiscardii,* Capell., y sobre los no menos entretenidos que habia practicado para decidir si los restos fósiles del género *Pachyachantus* de Brand pertenecen verdaderamente á un animal del órden de los sirenios ó de los cetáceos.

En ambos casos manifiesta Capellini sus profundos conocimientos de anatomía comparada, demostrando á la evidencia cuán necesarios son estos para que el paleontólogo pueda marchar con paso firme en sus tareas, y lo empírico y superficial que será á aquel que, faltándole esta base y la fundada en la organografía de las plantas, y hasta la de la fitografía y zoografía, quiera figurar entre los paleontólogos de nota.

Para los mismos zoógrafos son hoy dia indispensables los estudios de organografía comparada, pues muchas veces no hay medio de establecer las verdaderas diferencias entre dos tipos afines, sin descender á la análisis comparativa de su organismo profundo. La cetologia nos presta un ejemplo, pues

vemos que sin reconocer al animal completo se pueden distinguir sus tipos diferentes, á veces por la comparacion de algunos huesos, quizás por uno solo, tal como el timpánico; y apelo al testimonio que en los citados escritos, que tanto aplauso merecieron en el Congreso de Bex, nos da mi colega y amigo el distinguido geólogo Juan Capellini.

A las tareas presentadas por este naturalista en la primera sesion del último Congreso de Bex, siguieron otras parecidas; pero fuera largo y pesado en este artículo seguir dando cuenta de ellas, aunque fuera tan á la ligera como lo he verificado tan solo para dar una idea á los lectores de la Revista de la importancia que tienen los asuntos que se tratan en tales sesiones, donde todos aprenden cosas nuevas, con la gran ventaja de poder disipar en el acto las dudas que á uno ocurran, pues los autores tienen especial complacencia en contestar á las observaciones que se les dirijan.

Al salir de la sesion, encontramos en la plaza muchas jóvenes y muchachos con cestas llenas de ramilletes, formados con *l'inmortel des Alpes*, que es ni mas ni menos el verdadero *Leontopodium alpinum*, Cass., bien distinto, por cierto, del que equivocadamente se ha dicho en alguna obra española, crecia en los altos de San Bernardino, junto á Madrid, confundiéndole, sin duda, con algun *Filago* ó cosa parecida; colocando entre su cinta aquellas galantes suizas el correspondiente ramillete de leontopodio, en cambio del cual recibian unos cuantos sueldos con que pagaban los naturalistas el obsequio recibido; habiendo tenido el gusto de repartir el que á mí me tocó, al regresar á mis lares, con los Sres. D. Máximo Laguna y conde de Torrepando, que aún no poseian en su herbario el verdadero tipo de planta tan curiosa.

Conforme anunciaba el programa de la fiesta, á las doce y media del dia nos congregamos de nuevo fuera del pueblo en una inmensa tienda de campaña, debajo de la que estaban colocadas las mesas para los banquetes que debíamos celebrar durante nuestras reuniones científicas. No implican contradicion ambas clases de reuniones, y en prueba de ello describiré tan solo uno de dichos convites, menos frugales, por cierto, que la colacion de la víspera ya mencionada.

En el fondo del extenso salon se elevaba un tablado para la orquesta que durante las comidas amenizaba la fiesta con escogidas piezas de música. Como la reunion era muy numerosa, tambien lo eran las mesas dispuestas, de modo que todos cómodamente nos viéramos. En el centro habia una tribuna para las peroraciones, y todo estaba decorado con los atributos de las distintas ciencias.

La mantelería era singular, y muy propia para el servicio de los hombres que pasan su vida escribiendo; era de papel, y como recuerdo, todos nos llevamos nuestras servilletas, que tienen impresa la siguiente leyenda:

Bon apetit. A l'œuvre on connait l'ouvrier.

Reunion de la Société Helvetique des Sciences Naturelles, les 20, 21 *et* 22 *Aout* 1877 *à Bex.*

Travaill, persévérance.

Una colmena entre flores visitadas por abejas, un ojo dibujado encima y dos manos fraternalmente unidas, son las marcas de tales servilletas, que podian servirnos para escribir, pero no para limpiarse los labios.

El *menu*, ó lista de los platos servidos, tambien es curioso y de gusto científico; dice así:

«*Societé Helvetique des Sciences Naturelles. — Hotel de l'Union Scientifique à Bex* (era una tienda de campaña).

Potage: *Soupe helvetique.—Poisson.—Fruit du Rhon sahce Agassiz.—Pomes de terre à la Grounstein.*

Entrée: *Rosbeaf (Bos priscus jus vortex leusani).—Petites pois pisolithiques.*

Relevé: *Tête de veaue (conservé des glaces de Siverie).*

Roti: *Chapons à la Charpantier. — Salade á la Jean Muret.*

Entremêts: *Tourtes granitiques.—Fromage Corgneule.*

Dessert: *Fossiles assortis.—Fruits des palafits.*»

No señala esta lista los vinos, que eran suizos, como la cerveza y bebidas teiformes, menos el café.

Los discursos pronunciados en la tribuna fueron muchos, y todos dirigidos á alentarse, naturalmente, en la árdua tarea del adelanto de las ciencias, cada vez más difícil, por la sublimidad que han ido tomando en el presente siglo los estu-

dios analíticos de los seres mínimos de la materia atómica, y los conceptos diversos en que puede considerársela. No quedaron olvidados los nombres de los grandes maestros, á cuya ilustre memoria se pronunciaron tambien frases elocuentes y sentidas, victoreándolos con efusion respetuosa.

Concluido este festin científico, la Sociedad en pleno, por via de paseo, fué á visitar las galerías subterráneas de las minas de sal del Bouillé, que las encontramos iluminadas con luz eléctrica, y en ellas los geólogos lucieron sus teorías, dando explicaciones ámplias sobre la constitucion de aquellas minas.

El dia 21 de Agosto, segundo de Congreso, la Asociacion se subdividió en secciones, trabajando separadamente los médicos y los geólogos, y reunidos los zoológos con los botánicos, y los físicos con los químicos. En estas sesiones se dió cuenta de trabajos importantes, preparados de antemano por los asociados, y que fuera largo enumerar, proponiéndome dar para la Revista noticia más exacta y circunstanciada en otro escrito. Invitado á hablar por mis amigos sobre la Historia Natural de la Península, lo hice, tratando de sus relaciones con la del continente europeo y africano; y con este motivo les hablé de los tipos exóticos que caracterizan nuestra fauna y nuestra flora, entre los cuales, no solo los hay africanos, sino asiáticos y áun americanos.

El paseo científico de la tarde se dirigió á Bevieux para ver el aparato Piccard, y despues á visitar los *Blocs* ó peñas erráticas (Pierra-bessa y Bloc mónstruo).

El dia 22, á las ocho de la mañana, se volvió á reunir la Asociacion en pleno en el templo, dándose cuenta de los trabajos de las secciones, y anunciándose que los dias 23, 24 y 25 se destinaban á verificar la inauguracion del monumento dedicado á la memoria de Juan Muret, y á las excursiones científicas de costumbre. Por la tarde, el paseo fué á Monthey (Valais) para ver los Blocs erráticos Pierre-a-dro, etc.

El jueves 23 de Agosto, á las cinco de la mañana, las calles de Bex ofrecian el aspecto de una poblacion que va á ser evacuada por un cuerpo de ejército dispuesto á entrar en campaña..... pacífica esta vez. La numerosa tropa de natura-

listas, armada con martillos geológicos, con hazadillas y cajas botánicas, con mangas de mariposas y otros varios utensilios necesarios para la caza de insectos, aves, reptiles, etc., y todos con su mochila de turista y baston para trepar, se dirigia al punto de reunion, formando tres cuerpos, que correspondia cada uno á la Zoologia, la Botánica y la Geología, que debian ser dirigidos cada uno por sus respectivos directores; el profesor Forel para el primero; el profesor Favrat, para el segundo, y el profesor Renevier para el tercero. La órden del dia, que circuló antes de la salida, decia así:

«Naturalistas: vamos á poner á prueba nuestras fuerzas; y á más de las de la inteligencia, necesitais tambien las del cuerpo. Son precisas buenas piernas, y pies calzados de manera que no resbalen por las laderas peligrosas. Vamos á dormir de noche sobre la yerba, y á hacer comidas frugales que no nos expongan á molestias.

Los geólogos necesitan firme cabeza para no vacilar en los precipicios, y el que no la tenga, que no se exponga á pasar por ellos; lo mismo que el que sus piernas ya no estén hábiles. En las elevadas ascensiones, hará mal empeñarse aquel cuyos pulmones no puedan soportar el enrarecimiento de la atmósfera, exponiéndose á la sofocacion y la hemoptisis. En los pasos peligrosos, seguireis estrictamente los que den los guias que llevamos, y son maestros prácticos del terreno. Ph. Chevix, uno de ellos, tiene á disposicion de los que no puedan seguirnos á todas partes, colecciones de fósiles, rocas y minerales. Muchísimo tiento al atravesar las neveras heladas, siguiendo estrictamente las indicaciones de los guias.

Los botánicos serán conducidos por su director á los puntos donde más selecta y ámplia cosecha puedan hacer de nuestras curiosas plantas.

Los zoólogos, guiados por Forel, tendrán ocasion de admirar las maravillas de las profundidades del lago Léman; no necesitan mas que abrir los ojos.»

Tomadas de antemano por la Sociedad Helvética todas las medidas para el aprovisionamiento y hospedaje de este ejército de la ciencia en las montañas y valles que iba á recorrer, á las cinco y media de la mañana señalada, se puso en mar-

cha, dirigiéndose á Freniére y Plaus, en cuyo punto almorzó, saliendo á las ocho y media para Pont-de-Naut, donde tuvo lugar la inauguracion del monumento á la memoria de Juan Muret. Esta ceremonia cumplida, los tres grupos se separaron; por un lado los zoólogos y botánicos, y por otro los geólogos, que despues de sus tareas científicas se reunieron todos en la helada nevera de Martinets para ir á Naut, y los geólogos á Mont d'Outre-Rhóne (965^{m}) á estudiar los terrenos metamórficos.

El jueves, 23, estos naturalistas salieron de Mont, á las cuatro de la mañana para Arbignon (1.626^{m}), á estudiar los yacimientos carboníferos, de plantas *Cargneule* y *Lias*. Verificaron la ascension á la Grandvire (2.500^{m}), para ver el *Flysch*, nummulítico y cretáceo, en série trastornada. De allí bajaron por la nevera conjelada de los Martinets al valle de Naut, y ver la misma série trastornada hasta el Puente-de-Naut (á 1.260^{m}), bajando á dormir á Plaus (á 1.070^{m}).

El viernes, 24, salieron de Plaus, á las cinco de la mañana, para ir á Richard (á 1.559^{m}), á Surchamp s'Avare (á 1.779^{m}), el Casellaz y Cheville; reconociendo en esta excursion el *Jurásico superior, Neocomiano, Urgomin, Rodanieu, Aptieno, Sault, Rotomagio*, diversamente replegados, durmiendo en los chalets de Ainzeindaz (á 1.900^{m}) para ver los yacimientos Nummulíticos.

El sábado, 24, salieron los geólogos, á las siete de la mañana, de Ainzeindaz para la Cordaz, viendo los terrenos *Gault* y *Rhodanio*; y en la Poreyrettaz y Solalex, los *Neconianos* y *Grés de Taveyannaz*, de Solalex (á 1.461^{m}) fueron por la Porreyre y le Sex de la Croix (á 1.568^{m}) á los Rox des Fares y á Gryon (á 1.130^{m}), estudiando los *Bajociano, Toarciano, Cargneule* y *Geso*. Algunos hicieron la ascension de la cima de los *Diablerets* (á 3.251^{m}), bajando, por fin, todos á Bex, despues de sus interesantes estudios prácticos, que duraron tres dias consecutivos de contínuas observaciones y discusiones luminosas.

La seccion botánica emprendió sola sus herborizaciones el 23, dirigiéndose á Lavanchy, Surchamp y Bovonnaz, donde pasó la noche, y el 24 de Agosto prosiguió sus tareas, yendo á

Mérnit Solalex, Anseindaz y á la nevera conjelada de Paneyrossaz, regresando á Bex por el Avare y Plous-de-Freniere, cargadas las cajas de los herborizadores de preciosas plantas.

La seccion zoológica, á la que me agregué, el jueves 23, por la mañana, se reunió en Morges para estudiar, bajo la direccion del distinguido profesor Dr. Forel, con el sondeo del lago Leman, su fauna profunda pelágica y litoral.

Dicho naturalista, famoso por tales estudios, tiene publicadas importantes noticias sobre la situacion del lago citado, su altitud, forma, division, dimensiones, relieve de la cuenca Lemana, afluentes, variaciones anuales del nivel de las aguas, desagüe, limnímetros, pendientes, desnivelaciones locales constantes y temporales, corrientes, flujo y reflujo ó *seiches*, oleaje producido por el viento, vibracion del lago, manchas de aceite, vientos generales y de tempestad, brisas, análisis química de las aguas, color real ó aparente de las mismas, su trasparencia, temperatura, aureola de las sombras, reflexion del color, y por fin, naturaleza de los fondos.

El complemento de tan interesante trabajo, que ha dado renombre á su autor por lo bien desempeñado que está, es la fauna y la flora, sobre cuyo asunto quiso en dicho dia darnos explicaciones prácticas, atrayendo á su lado concurso numeroso de naturalistas, que ansiábamos oir y ver las noticias y procedimientos de aquel sabio, cuya reseña muy concisa doy á continuacion.

Dejando aparte todo lo que se refiere á las orillas y afluyentes, hizo constar que, segun Necker, entre las aves el *Larus ridibundus*, ave de paso, viene al lago en otoño y primavera, emigra al Océano, viéndose indivíduos que pasan el verano, y crian. El *Cignus olor*, que fué introducido doméstico en Ginebra en 1838, se ha multiplicado y reproduce en libertad desde 1857, Apelando al testimonio de Necker, señaló como especies de paso, que se presentan constantemente cada año y en diferentes épocas, la *Gallinula chloropus*, los *Anas boschas, acuta, fuligula, ferina, penelope, clypeata, clangula, querquedula* y *crecca;* los *Anser ferus et segetum;* los *Mergus serratus, merganser* y *albellus;* los *Larus canus, fuscus;* los *Sterna hirundo* y *atra;* los *Colimbus septentrionalis, arcticus* y *glacialis*, y los

Podiceps minor, *rubricollis* y *cristatus*. A esta lista, dijo el profesor Forel, pudieran agregarse unas 30 especies mas de aparicion accidental, por cuyo motivo omitió citarlas.

La clase de los reptiles, sólo ofrece una tortuga, el *Cistudo europæus*; y en la de los peces, enumera aquel naturalista las siguientes: *Perca fluviatilis, Cottus gobio, Lota vulgaris, Cyprinus carpio, Tinca vulgaris, Gobio fluviatilis, Alburnus lucidus et bipunctatus, Scardinus erythrophthalmus, Lenciscus rutilus, Squalius cephalus, Coregonus fera et hiemalis, Trutta variabilis, Salmo umbla, Thymalus vulgaris, Exox lucius* y *Anguilla vulgaris*, todas especies que han sido designadas por Mr. Godofredo Lunel, conservador del Museo de Ginebra.

Fauna litoral.

Estando ya en los estudios consignados en el programa para la seccion zoológica del 23 de Agosto, el Dr. Forel nos dijo que en la fauna litoral del lago Leman, limitándose solo á los invertebrados, podian establecerse las condiciones siguientes:

Los animales viven en las orillas, á menor profundidad de 8^{m}, sobre fondos pedregosos, limosos ó de arena; aguas iluminadas por el sol, agitadas por las olas y las corrientes; de temperatura vária, segun las estaciones; baja presion; con rica vegetacion acuática en el verano, que proporciona á los animales abundante alimentacion. Los caracteres de esta fauna son los mismos de las faunas clásicas lacustres.

Como propios de este grupo en aquella localidad, citó entre

Los ARTROPODOS. Insectos: *Hæmonia equiseti.—Sigara lemana.—Larvas del Chiro-nomus.—De Tanipus.—De Rhyacophillum* y de *Ephemera*.

ARACNIDOS: La *Hydrarachna*.

CRUSTACEOS: *Astacus fluviatilis.—Gammaras pulex.—Sida crystallina.—Daphnia sima.—D. mucronata.—Lynceu-truncatus.—L. aduncus.—L. macrourus.—L. personatus.—L.*

striatus.—L. sphœricus.—Cyclops brevicaudatus.—C. serrus lanus.—Diaptomus castor.—Canthocamptus staphylinus.

MOLUSCOS. Gasterópodos: *Limnœus stagnalis.—L. auricularius.—L. minutus.—Ancylus fluviatilis.—A. lacustris.—Valvata piscinalis.*

Lamellibranchios: *Anodonta anatina.—A. Pictetiana.—A. cygnea.—A. cellensis.—Cyclas cornea.—Pisidium amnicum.—P. Heuslowianum.—P. pulchellum.*

VERMES. Annélidos: *Clepsine bioculata.—C. complanata.—C. marginata.—Nephelis vulgaris.—Tubifex rivulorum.—T. Bonneti.*

BRYOZOOS: *Frederisella sultana.*

NEMATOIDES: *Enoplus.*

CESTOIDES: *Ligula.*

TURBELLARIOS: *Dendrocœlum lacteum.—Anotocelis unicolor.*

CŒLENTEROS. Hidrarios: *Hydra fusca.—H. grisea.—H. auranciaca.—H. rubra.—H. viridis.—H. olipactis.*

SPONGIARIOS: *Spongilla fluviatilis.*

PROTOZOOS: infusorios de la mayor parte de tipos de agua dulce.

Fauna pelágica.

Pertenecen á esta fauna los animales que viven en golfo pleno, apartados de las costas, en la superficie de las aguas durante la noche, cuando está en calma el lago, entre dos aguas de 5 á 10; á 100^{m} de profundad cuando está muy agitado, y durante el dia. Las condiciones del medio en que viven, son las siguientes: Presion variable, luz brillante, temperatura variable, agitacion de agua nula, flora muy pobre, alimentacion lo mismo. Son animales trasparentes, hyalinos como el cristal, adornados de algunos puntos brillantísimos pigmentados de negro, rojo ó azul, por lo comun excelentes nadadores. Dicha fauna es pobre en especies, pero riquísima en indivíduos. Forel no nos dió mas noticia que de los que siguen:

ARTROPODOS. Crustáceos: *Daphnia hyalina.* —*D. mucronata.*—*Bosmia longispina.*— *Bythotrephes longimanus.*—*Leptodera hyalina.*—*Diaptomus castor.*

PROTOZOOS. Infusorios: *Vorticella convallaria,* fija sobre una de las dos especies de algas de la flora pelágica.

Fauna profunda.

Está constituida por animales que viven encima y entre los fangos y limos de las grandes profundidades, desde 25 á 330^{m} de hondura. Tales animales están sometidos á las condiciones siguientes: Presion considerable; baja temperatura invariable; luz, nula; agitacion de las aguas, nula; flora muy pobre; alimentacion poco abundante. Por lo general son pequeños séres, de coloracion pálida nada lustrosa; algunos son completamente ciegos; perezosos, pero ágiles, y carecen de órganos de fijacion. El profesor Forel nos enseñó entre ellos:

ARTROPODOS. Insectos: Larvas de *Chironomus* y de *Tanipus.*

ARACNIDOS: *Campagnaltra Foreli*, Lebert. — *Aretiscon.*—*Halacarus.*

CRUSTACEOS: *Niphargus puteanus.*—Var. *Foreli* (Humbert).—*Asellus Sieboldii.*—*Lynceus lamellatus.*—*L. macrourus.* — *L. striatus.* — *Candona reptans.* — *Cypris...* — *Cyclops...*—*Canthocamptus staphylinus.*

MOLUSCOS. Gasteropodos.—*Limneus stagnalis.*—*L. abyssicola.*—*Valvata obtusa.*

Lamellibranquios: *Pisidium Foreli.*—*P. profundum.*

VERMES. Annélidos: *Lumbriculus...*—*Tubifex...*—*Clitellio...*—*Stysaria...*—*Chætœgaster...*—*Piscicola geometra.*

BRYOZOOS: *Fredericella.*

ROTATORIOS: *Flosculuria...*—*Bracchion....*

NEMATOIDOS: *Dorylaimus stagnalis.* —*Trilobus gracilis.*

CESTOIDEOS: *Ligula...*

TURBELLARIUS: *Dendrocœlum lacteum.*—*D. fuscum.*—

Microstomnus lineare.—Prostomnus... — Schyzostomum productum.—Prorhynchus stagnalis.—Mesostomum Ehrenbergi.—M. lingua.—M. Morgiense.—Vortex Lemani.

CELENTEROS: *Hydra rubra.*

PROTOZOOS. Infusorios: *Epystilis... — Vorticella... — Acineta...*

RHIZOPODOS. (Raros.)

Floras.

La division que estableció el Dr. Forel fué la misma que la de los animales que habitan el lago Leman.

Flora litoral.

Las notas sobre esta flora, dijo Forel, le habian sido dadas por los botánicos Schnetzler y Rey.

Sobre las playas lacustres sumergidas por la inundacion de las altas aguas de verano, pero que quedan á seco en invierno, se encuentran:

FANEROGAMAS. Dicotiledones: Los *Ranunculus aquatilis.—R. trichophyllus. — R. Druettii. — R. divaricatus.—Œnanthus Lachenalii. — Littorella lacustris. — Polygonum amphibium.*

Monocotiledones: *Typha latifolia. — Potamogeton natans.—P. fluitans.—P. heterophyllus.—Caulinia fragilis.—Lemna trisulcata. — L. minor.—L. gibba.—L. polyrrhiza.—Arundo phragmites.—Carex striata.*

CRIPTOGAMAS: *Nitella hyalina.—Chara aspera.*

En la parte cenagosa aparecen en primavera verdaderas praderas, que desaparecen en otoño, y estan formadas por

FANEROGAMAS. Dicotiledones: *Myriophyllum pectinatum.—M. spicatum. —Ceratophyllum sumersum.—C. demersum.*

Monocotiledones: *Potamogeton crispus. — P. perfolia-*

tum.—P. lucens.— P. decipiens.—P. pusillus.—P. pectinatus.—Zanichellia palustris.

CRIPTOGAMAS: *Chara fœtida.—Ch. fragilis.*

A este número deben añadirse las numerosas Confervas, Algas, Desmidiáceas, Zygnemáceas, Vaucherias, Ulvas, que cubren las piedras y maderos sumergidos, y completan la flora litoral.

Flora pelágica.

Millones de Algas flotantes cerca de la superficie del agua en el centro del lago, representan esta flora, que se ve lo mismo en verano que en invierno, y pertenecen solo á dos especies, el *Pleurococcus angulosus* y *Amabœna circinnalis.* Esta última sirve de apoyo al infusorio que se ha citado en la fauna pelágica con el nombre de *Vorticella convallaria.*

Flora profunda.

Los vegetales que la componen no descienden de la zona iluminada, estableciéndose entre los 45 metros en verano y 100 en invierno.

Algas: *Pleurocaceus roseo-persinicus.— Ocellaria suffusa.—O. versatilis.*

Diatomeas: *Cyclotella operculata.—C. helvetica.—Epithemia saxonica.—Cymbela helvetica.—C. obtusiuscula.—Achnantidium microcephalum.— Surirella solea.— S. bifrons.— Amphora ovalis.— Denticula undulata.—Fragillaria virescens.—Odontidium hiemale.— Diatoma vulgare.— Navicula attenuata.—N. major.—N. viridis.—N. viridula.—N. amphirhyncus.—N. gracilis.—Synedra sigmoidea.—S. tenuis.* Todas clasificadas por J. Kübler.

La prodigiosa multiplicacion de diminutas *Palmeláceas* forma una capa parduzca que cubre los fondos hasta donde la luz penetra, y conteniendo entre sus mallas las otras algas y diastomeas citadas, merece el nombre de fieltro orgánico: tan densamente están apiñadas.

Floracion del lago.

Hácia mediados de Mayo suele verse algunas veces la superficie del lago cubierta por manchones mas ó menos anchos de un polvo amarillento, que los rivereños llaman la *flor del lago*. Tal fenómeno, Mr. Schnetzler ha reconocido que consiste en la difusion del pollen de los abetos y pinos de los Alpes, trasportado por los vientos y afluyentes al lago. Hechos análogos se han observado en los lagos del Norte, y áun en el mar Báltico.

Para realizar el Dr. Forel los estudios cuyos resultados acabo de exponer, verifica sondajes en todas las profundidades del lago, y así obtiene los irrecusables testimonios de sus aseveraciones, que vimos confirmadas.

La disolucion del Congreso de Bex tuvo lugar al dia siguiente del 25 de Agosto, quedando acordado fuera en Berna la reunion de 1878.

Al terminar mi reseña sobre el Congreso citado de Bex por la Asociacion helvética, séanme permitidas algunas observaciones referentes á la poca actividad que hoy se observa entre nosotros para promover los adelantos científicos, siquiera sea en gracia del laudable motivo que las provoca, pues mis deseos fueran marcháramos á la par de los países mas adelantados, como lograron hacerlo algunos de nuestros naturalistas de fines del pasado siglo y principios del presente.

Nuestros viajes importantes para las ciencias, datan de aquella época, y quizás sirvieron de modelo é iniciativa para los que mas tarde verificaron otras naciones de Europa. Tambien nuestros botánicos de entonces publicaron interesantes trabajos fitográficos que les dieron fama, y el pensamiento de los establecimientos de aclimatacion de plantas y animales, hoy tan en boga en todas partes, nació en España; y se realizó, trayendo del Nuevo Mundo y llevando al mismo numerosas especies, que acá y allende los mares se han propagado

con utilidad del hombre. Muchos otros hechos incontestables pudiera aducir para probar que nuestros naturalistas de entonces no se quedaban atrás de los de las demas naciones. ¿Qué es lo que hoy pasa? Voy á decirlo sin ánimo de ofender á nadie, y solo con el propósito de que sirva de estímulo para que salgamos de la apatía, quizás forzosa, en que vivimos.

Si exceptuamos las obras lucrativas que sirven de texto en la enseñanza, y por punto general son traducciones de libros extranjeros, que algunas veces, para darlas novedad, se han disfrazado con ideas inconexas propias del traductor, ¿qué trabajos nuevos han dado á luz los naturalistas españoles modernos, que puedan compararse con los de nuestros antepasados, ni con los que publican los de otras partes?

No quiero decir con esto que no existan entre nosotros hombres científicos capaces de hacerlo, sino que no lo hacen porque viven desunidos ó dispersos, y quizás contrariados por la falta de proteccion, viéndose reducidos á trabajar aisladamente, sin medios para llevar á buen término sus propósitos científicos, que no pocas veces, despues de haberlo conseguido, á fuerza de ímprobas tareas, como sucedió en la primitiva Comision del mapa geológico de España, quedan inéditos por no publicarlos quien debiera.

Los esfuerzos aislados valen poco si no encuentran quien los favorezca, y esta ventaja se tiene en las asociaciones científicas que, como la Helvética, procuran remover obstáculos á la ciencia, y facilitar el camino que cada colega emprende para engrandecerla mas.

Nosotros tenemos cátedras donde se enseñan las ciencias; pero esto no basta, porque las teorías necesitan en ciertos ramos mas que en otros las demostraciones y estudios prácticos convenientemente comprobados en el campo. Tenemos Academias y Sociedades, pero sus discusiones, ordinariamente, no son públicas, como en otras partes, para ilustrar á todos; y por fin nos faltan los Congresos, que son la Asamblea general de los profesores y académicos de todas partes, donde se conciertan los grandes trabajos científicos, se sancionan los ya hechos, y conferencian los sabios para disipar sus dudas ó aclarar puntos poco explícitamente enunciados.

Si mi voz mereciera ser escuchada por nuestros jóvenes naturalistas, á quienes hoy la dirijo como lo hice hace años á sus maestros, les rogaría por la pasion que profeso, como ellos, á nuestras ciencias queridas y sus progresos, que sigan los pasos de la Asociacion helvética, que formen una gran Asociacion ibérica, y celebren Congresos que compitan con los de Francia, Italia, Alemania y el de Suiza, objeto de este escrito.

M. P. Graells.

VARIEDADES.

Suscricion para el establecimiento de un Observatorio meteorológico en el Monte Ventoux. En una de las últimas sesiones del Consejo de la Asociacion científica, Mr. Mascart, Jefe de la Direccion central meteorológica, ha dado cuenta á sus colegas del proyecto presentado por la Comision departamental de Vaucluse para establecer un Observatorio en la cima del Ventoux.

Esta montaña, situada al Nordeste de Carpentras, domina á todas las demás que la rodean, y se eleva bruscamente á 1960 metros sobre una gran llanura que se extiende sin interrupcion notable hasta la costa del Mediterráneo; no es de difícil acceso, cualquiera que sea la estacion, y se halla en condiciones las más favorables para el estudio de los fenómenos atmosféricos, pues está aislada y resguardada de la influencia de las montañas vecinas. Un Observatorio colocado en este punto, completaría para el Mediodia de Francia, el sistema establecido por la parte del Norte por el Observatorio de Puy-de-Dome y por la parte del Sud-Oeste por el del Pico del Mediodía de Bigorre; suministraria preciosos datos para los avisos meteorológicos, tan útiles á los navegantes como á los agrónomos, y podria prestar á la ciencia servicios no ménos considerables: su importancia sería incontestable. Debemos, pues, aplaudir la iniciativa tomada por la Comision meteorológica de Vaucluse, y hacer votos por la pronta realizacion del proyecto que ha concebido.

Los trabajos necesarios para ello no son considerables, si se tienen en cuenta los resultados que van á obtenerse. Segun el presupuesto que ha formado con mucho cuidado Mr. Bourdier, ingeniero jefe de caminos y puentes de Avignon, bastarán 150.000 francos para la construccion de los edificios y de un camino que permita llegar al Observatorio en toda estacion, y el gasto no quedará enteramente á cargo del Estado. En efecto, Mr. R. Bischoffsheim ha prometido contribuir con una suma de 10.000 francos; la aldea de Bédoin, situada al pié del monte Ventoux, con una suma igual, y el Consejo general del departamento de Vaucluse contribuirá tambien á los gastos. Por su parte la rica ciudad de Marsella no querrá permanecer extraña á una empresa tan útil. La Asociacion científica ha encargado á Mr. Mascart que la cuente en la lista de los suscritores por la suma de 500 francos. Es indudable que las Cámaras legislativas se prestarán á suministrar al ministro de instruccion pública los fondos necesarios para asegurar el establecimiento del Observatorio del monte de Ventoux, pero sería de desear que la iniciativa particular le diese la impulsion.

Geología de la isla de Chipre, por Mr. Albert Gaudry, profesor

del Museo de Historia natural. Aunque situada cerca de la Palestina, la isla de Chipre ha sido poco visitada ántes de los acontecimientos políticos que acaban de atraer sobre ella la atencion de Europa. Cuando llegué á ella—dice el autor—no habia sido objeto de ningun trabajo geológico, á excepcion de una noticia de sus conchas supra-apeninas que habia dado Mr. Bellardi. Con el concurso de Mr. Amadeo Damour he trazado la carta geológica de Chipre en la escala de $\frac{1}{250.000}$. La descripcion de los terrenos va acompañada de setenta grabados, que representan cortes y perfiles.

Chipre es de una fecha relativamente reciente; su principal levantamiento sobre el nivel del mar no se ha verificado hasta el período terciario medio. Los terrenos que quedaron entonces á descubierto son calizas compactas, y margas blancas. Los primeros, idénticos por su aspecto á las masas de calizas de hipurites que abundan en el Mediodía de Europa, se encuentran tambien en Asia, en Africa, y representan la anterior situacion de un mar inmenso, del que no es mas que un fragmento el actual Mediterráneo. La formacion de los maciños ha sucedido á la de las calizas compactas, pertenece sin duda al primer período terciario, y sus caractéres son los mismos que en Italia. Las margas blancas sobrepuestas á los maciños se confunden con las rocas del período terciario medio descritas en el Asia Menor por Mr. de Tchihatchef; las he vuelto á encontrar en el Líbano, y su extension permite presumir que durante el período terciario medio, cubria el mar en Oriente una extension mucho mas vasta que en nuestros dias.

Despues del depósito de las margas blancas se produjeron dos levantamientos paralelos: uno formó la cadena septentrional de Chipre, otro la del Olimpo, quedando al mismo tiempo gran parte de la isla fuera de las aguas. Los levantamientos fueron acompañados de la expansion de masas ofíticas y serpentínicas; el grupo plutónico del Olimpo se extiende, sin interrupcion alguna, lo menos 25 leguas. Quizá las rocas serpentínicas apenas fundidas, saliendo las últimas, y únicamente por la accion de presiones violentas, no llegaron á fluir, sino que sus diversas partes resbalaron unas sobre otras, y así se esplicaria por qué forman el centro del Olimpo y tienen el aspecto singular de materias pasadas por el laminador. Cerca del contorno las masas plutónicas se hallan muy alteradas, penetradas de sílice y de sustancias metálicas. Las capas sedimentarias que las rodean ofrecen ejemplos muy notables de metamorfismo; el hierro, el manganeso, la sílice y la magnesia han sustituido á la cal, así es que las calizas y margas inmediatas á las masas plutónicas se hallan en estado de calizas ferríferas, silíceas y magnesianas, teñidas de brillantes colores verdes, amarillos, rojos, y cuando están en contacto con las masas, son reemplazadas por ocres y jaspes.

Despues de los levantamientos que sucedieron al período terciario medio, una parte de la isla quedó todavía sumerjida en el mar; pero las regiones que este ocupó quedaron cubiertas de una masa de agua mucho menor que en los períodos anteriores; al menos parecen demostrarlo así, la abundancia y naturaleza de las conchas fósiles y lo grosero de los sedimentos. Los terrenos que se depositaron entonces representan el tercer período terciario; pero sin duda, unos pertenecen al principio y otros al fin de este período, pues al Este de Chipre solo la 3.ª parte de los fosiles

tiene sus análogos vivos en nuestros mares, mientras que en el centro de la isla las dos terceras partes son especies vivientes. El último período terciario ha terminado por débiles levantamientos, que han hecho elevarse el extremo oriental de Chipre denominado *Carpas*, han producido en las llanuras del centro surcos paralelos á dicho estremo, y han dado aproximadamente á la isla su configuracion definitiva.

Uno de los rasgos notables de la geología de Chipre, es la existencia de un cordon litoral casi contínuo, formado por calizas groseras y por conglomerados y arenas, en los cuales se hallan conchas todavía recientes é idénticas á las especies que viven hoy en el Mediterráneo.

La segunda parte de mi Memoria se ha dedicado al exámen de las sustancias minerales que se utilizan en las artes, habiendo encontrado en diversos parages de la isla algunos montecillos, que no son mas que inmensas masas de escorias procedentes de las antiguas explotaciones metálicas; están señaladas en mi carta geológica.

El cobre parece haber sido el mas importante de los productos minerales de Chipre, y allí se explotó por primera vez; los Romanos le dieron el nombre de esta isla (*cuprum*, χαλκος de los Griegos). Cuatro clases de mena se han señalado: la chalcita, el scolex, el chalcantho y el sory. Creo que la chalcita era un sulfuro de hierro y de cobre; el scolex natural, la malaquita; el chalcantho, sulfato de cobre; y el sory una mezcla de sulfato de cobre y de hierro. Se fabricaban cinco compuestos de cobre; el scolex, la crisocola, la spoda, el bronce quemado y la hoja de cobre. La lectura de los textos griegos y latinos autoriza para suponer que el scolex artificial era sub-acetato de cobre, que la crisocola era sub-sulfato ó carbonato de cobre mezclado con partes terrosas; que el bronce quemado era, unas veces óxido rojo de cobre, otras sulfuro de cobre negro, y que el cobre en hojas era hidrocarbonato de cobre: ignoro lo que podrian ser la spoda y el diphryjo. Además del cobre, los antiguos han indicado en Chipre la cadmia (calamina de los modernos), el pompholyx (óxido de zinc), la pirita de hierro, el mysi (sulfato de hierro), la galena, confundida por Plinio con el molibdeno é indicada por él como un mineral de plomo y de plata. El peróxido de manganeso (magnesia negra de los antiguos) abunda en Chipre, y forma una parte considerable de las escorias que he recogido; sin embargo, no he visto que se haga mencion de ella en las obras de la antigüedad. Tampoco he visto que se cite ninguna explotacion del hierro, á pesar de que el hierro oligisto cristalino del monte de la Santa Cruz, parece ser de muy buena calidad. Hé aquí los nombres de las piedras de Chipre que llamaron mas la atencion de los antiguos: cristal de roca, jaspes sumamente bellos, sangenon y paideros (especies de ópalos), amianto, morion (no puedo aplicar la descripcion de esta sustancia mas que al hidrolito de color de carne), esmeraldas (las piedras así llamadas eran probablemente de cuarzo prasio, malaquita ó heulandita verde), diamante de Chipre (que no era cuarzo, como han creido los viajeros modernos, sino analcima), cyanos (quizá la azurita). El cœruleum era un mineral diferente del cyanos. La sustancia parda conocida en el comercio con el nombre de *tierra de sombra de Chipre*, no es una verdadera tierra de sombra, sino un ocre; se halla en contacto de las capas sedimentarias y de una masa afanítica, denominada *Marvo Vouni*. La tierra verde proviene de la alteracion de las rocas plutónicas, como la parda, y sirve para la pintura. En nuestros dias, los productos

minerales mas importantes para Chipre son la sal, la piedra de construccion y el yeso. La sal se forma cada año en grandes lagos naturales, y constituye un producto considerable. El cordon litoral de las rocas cuaternarias de que ya he tratado, suministra magníficas piedras calizas que se utilizaron en la antigüedad para los templos de Paños, y en la Edad Media para los numerosos edificios que mandaron construir los príncipes franceses de Lusignan y los Venecianos. El yeso es sumamente abundante y estremadamente bello, y forma una variedad en tablas, muy usada en Oriente para embaldosar las habitaciones.

31 MAR 1886

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

El Determinismo mécanico y la Libertad moral..... 1

CIENCIAS FISICAS.

Estacion meteorológica de Murcia..... 22

CIENCIAS NATURALES.

Los líquenes y la teoría de Schwendener..... 26
Opinion de Linneo sobre el orígen de las especies vegetales..... 29
Los Sargazos (*Sargassum bacciferum, Ag.*), como medio de emigracion en varios animales marinos..... 32
El Congreso científico de Bex..... 34

VARIEDADES.

Suscricion para el establecimiento de un Observatorio meteorológico en el Monte Ventoux.—Geología de la isla de Chipre..... 61

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 2.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1880.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

	Rústica.
Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales: tomo 1.º—Ciencias naturales.	50 rs.
Id. id.: tomo 2.º, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte	20
Id. id.: tomo 3.º—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 4.º—Ciencias naturales.	50
Id. id.: tomo 5.º, parte 1.ª—Ciencias naturales.	20
Id. id.: tomo 6.º—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 7.º—Ciencias exactas.	50
Id. id.: tomo 8.º—Ciencias naturales.	50
Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales: 20 tomos, cada uno.	24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año.	24
Id. en provincias, 4 id. id.	30
Id. en el extranjero, un año.	36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 100 rs. cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

EL DETERMINISMO Y LA LIBERTAD MORAL.

(Continuacion.)

VII.

Dos fases distintas presenta el problema de la libertad moral: una relativa á la libertad en sí misma, ó sea á las determinaciones espontáneas, ó que parecen serlo, del espíritu; otra que se refiere á las relaciones de la voluntad con el mundo físico. Nada hemos dicho de la primera, porque es asunto ajeno á la índole de esta publicacion, ni de las varias cuestiones que en sí entraña, porque ajenas son tambien á las ciencias exactas, físicas y naturales.

¿Es sinónimo *libertad* de indiferencia?

¿Es condicion del *libre albedrío* el no hallarse sujeto á regla alguna, ni á ley que lo dirija, ni á precepto que le obligue?

Porque las verdades científicas se impongan al espíritu necesariamente, con tanta fuerza, con tan absoluto imperio, como la gravedad á los cuerpos que caen; porque el bien y el mal sean conceptos preceptivos en que busca el alma la causa de sus determinaciones; porque toda volicion aparezca como la resultante de fuerzas morales que solicitan al ánimo en diversos sentidos, ¿deja de existir la libertad?

O por el contrario, ¿existe una especie de determinismo espiritual para el libre albedrío, como existe otro determinismo mecánico para la materia?

Preguntas son todas estas que debiéramos satisfacer si nos ocupásemos del primero de los dos problemas enunciados; si pretendiéramos descifrar el eterno enigma de la voluntad humana; si por ventura alardeásemos de filósofos ó de metafísicos en este momento. Pero no es así, y conviene limitar el campo, y fijar los términos del problema, para evitar toda mala inteligencia.

Nosotros suponemos que el espíritu ha tomado una resolucion, sea ésta la que fuere, y sea cual fuere el procedimiento seguido para tomarla: ha tomado una resolucion, repetimos, ó porque á ello le obligan las fuerzas morales, ó porque de este modo ejercita su indiferentismo. Sea lo uno ó lo otro, poco nos importa, y poco nos importa aún el cómo y el por qué. Mas tomada esta resolucion, pretende el alma hacerla encarnar en la realidad corpórea, convertirla en hecho físico, esteriorizarla, por decirlo así, y para ello acude al mecanismo de que al parecer dispone; y hé aquí el punto en que se encuentran la *voluntad* y la *fatalidad* frente á frente. El alma que dice «necesito tal movimiento;» y el cuerpo que contesta «imposible: yo ejecutaré los movimientos á que me obligan las leyes de la mecánica, no los que tú pretendes. Todas mis moléculas vienen describiendo trayectorias fijas, y yo no puedo arrancarlas de sus caminos invariables: todas tienen un pasado, y él determina su presente: lo que en tu region etérea pasa, poco me interesa; yo tengo la mia, y á mis ecuaciones diferenciales me atengo.»

Hé aquí el conflicto y hé aquí el único problema que en estos artículos abordamos. Conciliacion del determinismo mecánico y de la libertad moral: tal es el esfuerzo que ha realizado Mr. Boussinesq para conseguir, á su entender, lo que Descartes, Kant y Leibnitz intentaron inútilmente.

Segun el geómetra francés, su teoría es la armonía real y espontánea, no artificial y preestablecida, de las almas y de los cuerpos, de la mecánica y de la libertad, del querer independiente y del acto físico: veamos en qué consiste.

Y al dar el primer paso en este camino, tropezamos con una dificultad al parecer invencible. La teoría de Mr. Boussinesq se funda en una de las cuestiones más delicadas del

cálculo integral: ¿cómo abordarla de modo que puedan seguirnos los que no conozcan este problema de las altas matemáticas? ¿Es esto posible? ¿Hay manera de suavizar las escabrosas sendas que á tan vertiginosas alturas conducen?

Veámoslo: y para ello procuremos ser claros, y en cambio procuren nuestros lectores tener paciencia.

¿Qué es una *ecuacion?* La igualdad de dos cosas, dice el sentido comun, sin más nociones que las del idioma usual y corriente.

La igualdad de *dos cosas,* repetimos nosotros: sean estas cosas dos cantidades, ó dos leyes, ó dos fenómenos, ó dos símbolos. Nos basta con lo primero, pues no hablamos aquí más que de igualdad de cantidades.

Y dado que esto sea, ¿para qué sirve una ecuacion? seguiremos preguntando.

¿Para decirnos, por ventura, que 5 es igual á 5; que 3 más 5 es igual á 8; que el todo, por ejemplo, es igual á la suma de sus partes?

Pues si no es más que esto, brava noticia nos dan las ecuaciones matemáticas, y famosos resultados obtendremos con ellas, y no dejarán de ser profundos los misterios que nos revelen.

Así discurre el sentido comun, y sin embargo, la ciencia matemática, casi en su totalidad, de ecuaciones se compone.

¿De qué procede, pues, que sean tan importantes ó que sean tan fecundas? De que en esas ecuaciones de los problemas algebráicos ó geométricos, ó que expresan las leyes físicas del universo, y en combinacion analítica con cantidades conocidas, hay otras cantidades que se desconocen y se buscan, incógnitas que importa despejar, una ó más x que han de determinarse de modo que la ecuacion ó cada ecuacion del problema se realice. Si por cálculos abstractos, ó medios experimentales, ó combinaciones lógicas, llegamos á probar que una cantidad que no conocemos, pero en cuya determinacion estamos empeñados, es tal, que sumada al número 5, ha de dar por resultado 8, esta ecuacion:

incógnita *más* cinco, *igual* á ocho,

ya no es estéril, como al principio parecia, porque es una condicion que nos determina el valor de la cantidad desconocida. Y en efecto, *tres* es el único número que, sumado á *cinco*, da *ocho* por resultado.

Ahora bien, como ésta del ejemplo anterior, son todas las ecuaciones de la mecánica: son, en su sentido íntimo, *condiciones* de existencia, si se nos permite expresarnos así; *relaciones* invariables; *lazos* que ligan incógnitas y datos, cantidades desconocidas y cantidades de antemano conocidas, y mediante los cuales se conocen las unas por las otras.

Ya sabemos lo que son las ecuaciones matemáticas: son, pues, condiciones racionales que sirven para determinar una ó más incógnitas. Hé aquí todo.

Pero demos un paso más.

¿Qué son, dentro de esta categoría general de las ecuaciones, las llamadas *ecuaciones diferenciales del movimiento?* Por ser ecuaciones, claro es que enlazan, mediante el signo general de igualdad, las cantidades conocidas del movimiento, como masas y fuerzas, que son los datos, con otras cantidades desconocidas del movimiento mismo, que han de servir para determinarlo; pero estas últimas son las *variaciones infinitamente pequeñas* que en cada instante experimentan ciertas longitudes que al principio de ese instante fijaban la posicion de cada punto material, y de ahí el nombre de *ecuaciones diferenciales*, que las ecuaciones de que se trata reciben.

En suma, tales ecuaciones son y expresan la ley de variacion del movimiento: nos hacen ver cómo cambia de un momento á otro; cómo los puntos materiales avanzan ó retroceden en cada intérvalo infinitesimal de tiempo; cómo, en fin, pasan de un sistema de posiciones á las posiciones inmediatas, por inmediatas que sean.

En rigor expresan la ley de generacion de todas las trayectorias de los varios puntos del sistema.

Lo que el físico hace, descendiendo en sus investigaciones hasta las moléculas; lo que pretende el químico, llegando á los átomos; lo que el fisiólogo intenta, penetrando en la celdilla elemental; lo que el lingüista arbitra, buscando las raices, eso hace el matemático escribiendo sus ecuaciones diferencia-

les: unos y otros, y todos, pugnan por llegar al elemento, al orígen, al gérmen, á la aparicion del sér, sea este sér una sustancia material, un cuerpo orgánico, un producto del pensamiento ó una cantidad geométrica. Llegar al elemento, repito, es la general tendencia, porque en el elemento está lo sencillo, lo primitivo, la ley elemental, que luego, repetida y multiplicada, y superpuesta á sí misma, da productos más y más complejos de cada vez.

Sólo que más dichoso el matemático que físicos, químicos, fisiólogos y lingüistas, ha descubierto la manera de llegar con *exactitud absoluta*, dentro de las leyes racionales, á las relaciones rigorosas de todos los infinitamente pequeños, ó al ménos de los hasta hoy estudiados en sus problemas.

En resúmen, la Mecánica, antes de abarcar el movimiento en su totalidad, antes de estudiarlo en sus variaciones finitas, antes de pretender determinar en cada instante las posiciones de los puntos móviles, sus direcciones y sus velocidades, desciende á lo elemental, á lo infinitamente pequeño, y partiendo de lo que es el movimiento en un instante cualquiera, *escribe las ecuaciones que determinan lo que será en el instante siguiente*. Estas ecuaciones son precisamente las que se llaman ecuaciones diferenciales del movimiento, y acude á ellas (ya lo hemos dicho), porque la ley de generacion es más sencilla que la ley, que podemos llamar de las totalidades, y las relaciones entre los elementos más accesibles que las relaciones entre las magnitudes ya formadas. El misterio de toda creacion está en el orígen, en lo infinitamente pequeño, en el paso de la nada á lo que es, por mínimo que sea: así como el misterio de todo desarrollo está en el tránsito de un estado al inmediato; en esas variaciones infinitamente pequeñas, que constituyen una série sucesiva de verdaderas creaciones; en el elemento infinitesimal, en suma, que es el que ha de explicar lo finito, y sus leyes, y su composicion.

Ya sabemos lo que es una ecuacion; sabemos lo que son las ecuaciones diferenciales, y por qué á ellas acude el matemático; pues sigamos trepando por el árido y enriscado breñal en que con mejor deseo que buen consejo nos hemos metido.

Como el físico, de las leyes elementales de los átomos y de las moléculas se eleva despues á las leyes totales de los cuerpos; como el mineralogista, por la acumulacion de los cristales microscópicos, explica la formacion de los cristales que en la naturaleza encuentra; como el fisiólogo, por la reunion y enlace de las celdillas demuestra la constitucion y las leyes de los tejidos, de los órganos y de sus funciones; como el lingüista, por la aglutinacion de las raices y por su adaptacion y flexion, pasa al idioma ya hecho y desarrollado y vivo; así el matemático, desde sus ecuaciones diferenciales, que son leyes de los elementos, se alza vigorosamente á las leyes íntegras de la totalidad finita.

Y de las ecuaciones entre los gérmenes de las coordenadas, pasa á otras ecuaciones entre las coordenadas mismas, es decir, á otras relaciones en que entran los datos del problema y ciertas líneas desconocidas, que conocidas que sean para cada instante, fijarán para ese instante mismo las posiciones á que han llegado los móviles, la direccion de cada uno y la velocidad con que camina. Pues bien: estas nuevas ecuaciones, deducidas de las primeras por métodos analíticos, que no podemos explicar, pero que la ciencia conoce en parte, y que, cuando no los conoce, concibe que existen, y aun demuestra que deben existir; estas nuevas relaciones, repetimos, entre cantidades conocidas é incógnitas, que al dejar de serlo fijarán todas y cada una de las posiciones de los puntos del sistema, son precisamente las que el matemático llama *ecuaciones integrales* ó simplemente *integrales;* y pasar de relaciones entre infinitamente pequeños á relaciones entre cantidades finitas, de las leyes del gérmen á las leyes del sér ya formado, es precisamente la operacion que el matemático llama *integrar*. De este modo, y por tales ecuaciones, ya no necesitaremos seguir al sistema material de puntos paso á paso, elemento por elemento, instante por instante, sin poder nunca llegar á un estado futuro, sin arrastrarnos pesadamente por todos los estados anteriores. No será preciso para conocer la posicion del centro del sol, por ejemplo, dentro de 100 años, pasar de la posicion que hoy tiene á la que tendrá dentro de un segundo de tiempo, y de este al siguiente, y luego al in-

mediato, y así hasta el fin del período. No: esto sería prácticamente imposible; estéril para la realidad; falso ante la ciencia, porque tan finito es un segundo de tiempo como un siglo, y para conocer la posicion rigurosa del sistema dentro de un segundo, por medio de las ecuaciones diferenciales, sería preciso descomponer ese pequeñísimo intervalo en otros infinitamente menores: divisiones y subdivisiones sin límite, que podrian conducirnos á resultados de aproximacion, nunca á resultados absolutamente exactos, y no con ménos se contentan las ciencias matemáticas.

Las ecuaciones *integrales*, cuando hay manera de hallarlas, son absolutas: no son el resultado de métodos experimentales, ni de aproximaciones sucesivas, ni de un interminable proceso, sino leyes rigorosas y precisas entre las cantidades finitas del problema. Y así, determinan de una vez, por un salto, sin andamiajes de leyes elementales, sin pasar por grados, yendo al fin directamente,—el movimiento del sistema, la posicion que tendrán sus puntos, sus direcciones y sus velocidades; y esto en cualquier momento: ahora, ó dentro de un segundo, ó dentro de un siglo, ó dentro de mil, y ¿quién sabe? en algunos problemas al cabo de un tiempo infinito. Esfuerzo el más gigantesco que puede hacer, y que ha hecho la razon humana dentro del campo de sus propias leyes racionales.

Presentemos ahora el inventario de cuanto en estas breves, que para más de un lector habrán sido largas é interminables líneas, hemos aprendido, salvo error.

Sabemos lo que son, en general, las *ecuaciones matemáticas:* condiciones que ligan los datos con las incógnitas, y que sirven para determinar las segundas, mediante las primeras.

Sabemos aún lo que son las *ecuaciones diferenciales* del movimiento: leyes elementales del movimiento mismo: fórmulas que dan el modo de pasar de un estado del sistema al inmediato: relaciones entre los datos y las variaciones infinitamente pequeñas de las incógnitas que han de servir para determinar en cada momento la posicion de cada móvil.

Sabemos, por último, lo que entiende la ciencia por *integrales* de un sistema de ecuaciones: forma y expresion de la ley total del movimiento, deducida, segun enseña el cálculo,

de aquellas otras relaciones que sólo expresaban la ley de variacion entre dos momentos infinitamente próximos.

Y con saber estas tres cosas, tenemos lo necesario para volver al objeto fundamental de estos artículos, y para reanudar el interrumpido hilo de nuestra relacion; pero antes salvemos un último escrúpulo, explicando un último y preciso concepto.

Varias veces hemos empleado esta fórmula y esta frase, *cantidades que determinan el movimiento*, ya refiriéndonos á sus variaciones infinitesimales, ya á sus valores finitos y á su totalidad; y no estará de más que precisemos su sentido y su significacion. Esto es lo que vamos á hacer en brevísimas líneas.

El movimiento de uno ó muchos puntos de un sistema, de los puntos *a*, *b*, *c*....., por ejemplo, estará determinado si para cualquier instante podemos conocer la posicion que, en ese mismo instante, ocupan todos y cada uno de los puntos materiales que constituyen dicho sistema; pero un punto se determina por sus distancias á otros varios, ó á líneas invariables, ó á planos fijos, y estas distancias, estas longitudes á que el geómetra da el nombre de *coordenadas del punto*, y que para el espacio son tres, como tres son dimensiones, son precisamente *las cantidades* á que en la frase mencionada nos referíamos. Conocer para cada instante los valores de esas *tres líneas* ó *coordenadas*, es conocer la posicion del punto á que se refieren; decir que entran en una ecuacion las variaciones infinitamente pequeñas de las cantidades que determinan el movimiento, es decir, que entran las variaciones de esas coordenadas cuando el punto pasa de una posicion á la inmediata; é integrar ésta, ó muchas ecuaciones como ella, es pasar de las diferenciales de las coordenadas á las coordenadas mismas, de la ley elemental de sus variaciones á la ley total de sus valores finitos; es, en suma, tener para cada punto sus tres coordenadas ó líneas que lo determinan, expresadas en funcion del tiempo.

Y á esto, y no más, se reduce todo el problema de la Dinámica.

Volvamos, pues, al determinismo, que si el artículo ante-

rior fué para los matemáticos no filósofos, este va siendo para los filósofos no matemáticos, y uno y otro para gente dotada de gran paciencia y calma.

VIII.

Hemos venido trepando animosos por estas ásperas, y al parecer, áridas vertientes de la mecánica y del cálculo infinitesimal: hemos dicho que próxima estaba la cúspide: hemos creido llegar á ella, y al empezar este párrafo confiábamos con dominar al fin el horizonte; pero hé aquí que ante nosotros aparece otra cima más alta que todas las dominadas, y más árida y más áspera que todas ellas juntas.

¿Qué hacer? Descansar un punto, tomar aliento, y con último y vigoroso esfuerzo, vencer este último y formidable obstáculo.

Adelante, pues, y echemos ya todo este artículo á cálculos y mecánicas.

El movimiento de todo sistema de puntos, sean pocos ó muchos; sea uno solo, ó cuantos forman el universo: de los que vibran en el éter, de los que se juntan y aprietan en las rocas, de los que flotan en las nubes y vagan en la atmósfera, y circulan en las plantas, y van por las venas, y arden en el cerebro con misteriosa llama; el movimiento de todos ellos, juntos ó separados, depende de *dos clases de datos*.

Es decir que todo movimiento de partículas ó puntos materiales resulta:

1.° De las acciones mútuas de estos puntos, de sus atracciones ó repulsiones, de la fuerza que todos ejercen en cada instante sobre uno, y de las que este ejercita á su vez sobre todos los demas. Pero estas acciones y reacciones, segun la ciencia moderna, sólo dependen de las distancias y de las masas: conocer las masas de dos puntos y su distancia, es conocer en kilógramos el esfuerzo que cada una ejercerá sobre la otra. El matemático dice que la accion de dos átomos, uno sobre otro, *es funcion de sus masas* y *de su distancia*, y para nuestro objeto poco importa qne no se conozca exactamente dicha funcion de la distancia; como tampoco importaria que fuera variable con el tiempo, para lo que tenemos que obser-

var, aunque la constancia de las leyes físicas excluye en cierto modo esta última hipótesis.

En resúmen, el movimiento de un sistema depende, *en primer lugar*, de las acciones ó esfuerzos mútuos, internos y constantes (constantes en su accion, no en su valor) de los puntos materiales, unos sobre otros.

2.° De las posiciones iniciales y de las velocidades de partida de todos ellos; ó si se quiere, de sus posiciones y velocidades en un instante determinado, que en este caso será para nosotros tanto como el instante inicial.

Es decir, de lo que fué el movimiento en su orígen, en su gérmen, en su primer momento.

Aclaremos lo que precede con un ejemplo.

Lanza un cañon, al inflamarse la materia explosiva que contiene, el proyectil colocado en su interior, y va trazando éste en su marcha por el espacio una línea ó trayectoria cuya forma y dimensiones dependerán, segun queda dicho, de dos clases de datos ó elementos.

En *primer lugar*, de las fuerzas que continuamente actúan sobre el móvil, á saber: por una parte, la gravedad, por otra, la resistencia del aire.

Estas son las acciones incesantes, las no interrumpidas, las de todos los momentos, las que determinan las variaciones infinitesimales de posicion y de velocidad del móvil, las únicas que entrarian en sus ecuaciones diferenciales.

Pertenecen, pues, á aquella categoría de datos que llamábamos acciones mútuas é internas del sistema: accion de la tierra sobre la bala, de la bala sobre la tierra, de las moléculas del aire sobre la superficie del proyectil, de éste sobre la atmósfera que le rodea.

Pero esto no basta para determinar totalmente el movimiento del móvil; para dicha completa determinacion es necesario *saber ademas* en qué punto del globo se colocó el cañon, es decir, cuál era la *posicion inicial de la bala;* en qué direccion se hizo la puntería, ó dicho de otro modo, cuál fué *la direccion de la velocidad inicial;* y por último, cuál fué la intensidad de la explosion ó qué *velocidad* comunicó en el primer instante al proyectil.

En suma, ni la trayectoria, ni el movimiento quedan determinados sin conocer préviamente *todas las condiciones iniciales del sistema;* ó dicho de otro modo, y valiéndonos de las mismas palabras que antes empleamos, sin saber lo que fué el movimiento en su orígen, en su gérmen, en su primer instante.

De suerte que aun siendo la misma la gravedad y la misma la resistencia del aire, que son los elementos que influyen en el desarrollo ó proceso del fenómeno dinámico, la trayectoria será distinta, y distintos los puntos á que llega el móvil y distintas sus velocidades, si las condiciones iniciales son diferentes.

¿La puntería del cañon es vertical? Pues próximamente describirá la bala una línea vertical al subir y al caer.

¿Es horizontal la direccion de su eje? Pues, siendo el mismo el punto de partida, y la misma la fuerza de atraccion de la tierra, el móvil describirá casi una línea horizontal, forma bien distinta de la precedente.

¿Forma un ángulo mayor ó menor con el horizonte el impulso de proyeccion? Pues la bala marcará en el espacio una línea parecida á una parábola, y de diferente amplitud, segun que aquella inclinacion del eje sea mayor ó menor y segun sea mayor ó menor la velocidad de salida.

Pero nótese esta circunstancia importantísima: que en todos estos casos, ya describa el proyectil una vertical, ya una horizontal, ya una parábola cualquiera más ó ménos cerrada, siempre, para todos ellos, *las ecuaciones diferenciales del movimiento serán las mismas,* porque la misma es la ley diferencial, que no depende en cada instante más que de las fuerzas aceleratrices ó retardatrices del sistema. En cambio las *integrales* serán distintas, y distintas las trayectorias, como que es imposible confundir una vertical con una horizontal ó con tal ó cual parábola.

De aquí se deduce para cada sistema de puntos móviles,

Primero: que sólo hay *un sistema de ecuaciones diferenciales,* porque sólo hay una ley de desarrollo en el mundo físico, como en el mundo orgánico.

Segundo: que hay en cambio *infinitas integrales,* como in-

finitas son ó pueden ser las condiciones de orígen, ó sean los datos iniciales.

Estas infinitas *integrales* reciben más especialmente el nombre de integrales particulares.

Resumamos otra vez, que el camino es enmarañado y escabroso como ninguno, y bueno es detenerse de cuando en cuando, tomar aire, volver atrás la vista, y abarcar de un golpe el terreno ganado y la senda recorrida.

Tenemos, pues: *Las ecuaciones diferenciales:* sistema único para cada caso: ley elemental.

Las ecuaciones integrales: sistemas múltiples, aun para cada caso: leyes de los movimientos totales, y que se distinguen unos de otros, segun las condiciones iniciales de los móviles.

¿Hemos llegado al fin? Eso creíamos otra vez; pero aún falta algo, aunque esta vez muy poco.

No abandonemos el anterior ejemplo: es claro, es sencillo, y es ademas fecundo, y hasta simbólico. Cada átomo es una archimicroscópica bala que en el orígen de los mundos partió en determinada direccion y con determinada velocidad: hablemos, pues, de un átomo como antes hablábamos de un proyectil, y hablemos de ese átomo elegido entre todos, como pudiéramos hablar de todos ellos: démosle nombre: sea el átomo *a*.

Imaginemos ahora, y este es el punto crítico de la teoría de Mr. Boussinesq, que *una de las trayectorias posibles* del átomo *a*, es decir, una de las trayectorias que describiria si concurriesen ciertas circunstancias iniciales, sea tal, que todas las restantes, ó muchas de ellas al ménos, posibles tambien mediante otras circunstancias iniciales, le sean tangentes; ó de otro modo, que vengan á tocar las últimas á la primera en un cierto punto de su extension, separándose despues totalmente de ella. Supongamos, finalmente, que en este punto de contacto la velocidad de *a* fuese la misma, ora describiese la trayectoria única y privilegiada á que las demas vienen, ora describiese cualquiera de estas últimas.

Y entiéndase, para evitar confusiones, que todas estas lí-

neas son líneas posibles, soluciones ideales para distintos casos, conjunto puramente imaginativo que nos figuramos en el espacio; no trayectorias real y verdaderamente trazadas. Trazada en rigor y verdad sólo habrá una, la que corresponda á las condiciones iniciales, la que realmente describa el móvil; que las demas redúcense á meras posibilidades para otros casos distintos de otros diversos gérmenes de movimiento.

Cuando la hipótesis anterior es posible, cuando puede existir una solucion, una integral particular, una curva de propiedad tan privilegiada y característica, que todas las demas soluciones posibles, ó muchas de ellas, tengan por precision que venir á buscarla, siquiera sea por un solo instante; esta curva ó esta integral recibe el nombre de *integral singular*, y dícese que el sistema de ecuaciones diferenciales admite una *solucion singular;* y singular y singularísima es la propiedad de tocar, y ceñir, y en cierto modo, aunque la palabra no sea muy propia, envolver á todas las demas trayectorias correspondientes á las demas integrales particulares.

Y ahora sí que hemos acabado de subir: ahora sí que dominamos todo el horizonte.

Resumamos por última vez.

Ecuaciones diferenciales: ley elemental.

Ecuaciones integrales: ley total.

Integrales particulares: distintas, segun las condiciones de orígen.

Integral singular: aquella de las integrales particulares que da para el móvil ó móviles del sistema una trayectoria á la que las demas vienen, como si fueran afluentes ó tributarios de un rio principal y fuera ella esta corriente única que á sí las llamase.

Y ahora descansemos, que tiempo es ya de concluir este árido y enojosísimo artículo.

(*Se continuará.*)

José Echegaray.

CIENCIAS FÍSICAS.

DE LA ELECTROLISIS CUANTITATIVA DEL AZOGUE Y DEL COBRE.

Electrólisis significa análisis por via eléctrica, y análisis equivale á disolucion ó separacion, y con mas propiedad, á resolucion en el sentido de desligar ó desatar los elementos de un compuesto.

Hasta ahora la electrólisis solo se ha aplicado á cuerpos líquidos ó á disoluciones, que toman el nombre de ectólitros mientras permanecen sometidas á la accion de la corriente eléctrica. El agua que se descompone en el voltámetro, y una disolucion de la que se separa un metal para depositarse en el conductor del polo negativo de una batería, son los ectólitros de la operacion.

Para descomponer el agua y las disoluciones, se sumerjen á la vez en estos ectólitros dos planchas ó dos alambres metálicos; generalmente los dos son de platino, y en algun caso de oro ú otro metal el negativo, y de platino el positivo, como luego se dirá. Estas planchas ó alambres, que están en comunicacion con los dos polos de la pila ó de la batería, y sumergidos en los ectólitros, se llaman eléctrodos, es decir, caminos, vehículos ó conductores de la electricidad. Eléctrodo positivo (1) es el que comunica con el cuerpo mas electronegativo de la batería, que suele ser el cobre, el carbon ó el platino, y eléctrodo negativo el que comunica con el mas

(1) Ya no están en uso las voces *anodo* y *catodo* para designar respectivamente á los polos positivo y negativo.

electro-positivo, que es el zinc, y alguna vez el hierro en las pilas comunes. Advertiremos que, conformándonos con el uso general, emplearemos las voces polo y eléctrodo, como sinónimas.

La cantidad de electricidad y la intensidad de la corriente de la batería, la composicion del electrólito, la distancia á que se coloquen los eléctrodos dentro del líquido ó disolucion, y la temperatura del recinto en que se haga la operacion, influyen considerablemente en el resultado de la electrólisis.

Para explicar con la posible claridad y concision la marcha metódica que debe seguirse en estas operaciones, y los medios de prevenir las dificultades procedentes de las causas apuntadas, hemos adoptado el siguiente plan.

Se describe primero la pila empleada en los ensayos, y á continuacion se trata del galvanómetro, voltámetro, intensidad de la corriente y cantidad de electricidad de la batería. Despues se esplica el procedimiento de electrólisis en general, y luego el ensayo de los minerales y otros compuestos de azogue, fijando las cantidades que se han de tomar para el ensayo, las reglas que se han de seguir para la disolucion, y se termina con la electrólisis del azogue, propiamente dicha.

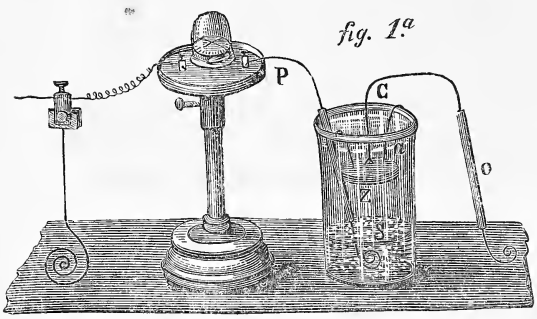
En la misma forma, y por separado, se trata del ensayo del cobre, y teniendo en cuenta que los compuestos en que entra este metal son numerosos y de composicion variada, se termina esta parte con ejemplos que comprenden los tipos de los minerales, ligas, monedas y productos metalúrgicos que con mas frecuencia hay necesidad de ensayar.

Siguen unos apuntes históricos acerca de la electrólisis cuantitativa, y concluye la reseña con la descripcion de un procedimiento para separar cuantitativamente el cobre y el azogue, y el análisis de algunas ligas metálicas. En todos los trabajos apuntados en esta reseña ha tomado una parte activa mi hijo D. Felipe, encargado, primero del laboratorio de la fábrica de Cartagena, perteneciente á la Sociedad metalúrgica de S. Juan de Alcaráz, y posteriormente hasta su muerte, siendo ensayador de la Casa de moneda de Madrid.

De la batería.

Cada par ó elemento se compone de un vaso cilíndrico de vidrio (*fig.* 1.ª) de 15 centímetros de altura y 9 de diámetro, en cuyo fondo se colocan cristales de sulfato de cobre, *s*, hasta una altura de 3 centímetros y medio. Del borde del vaso se cuelga un disco de zinc, *z*, de 13 milímetros de grueso y 75 de diámetro, por medio de los alambres de cobre *a*, doblados de modo que indica la figura. Al moldear el disco, se sumerjen los dos alambres dentro del metal en fusion, para que queden perfectamente adheridos al zinc, y además otro *c* en el centro, que sube verticalmente, luego se dobla dos veces en ángulos casi rectos, y acaba formando una espiral, que entra en el vaso del par inmediato y llega al fondo, hasta tocar á los cristales de sulfato de cobre. El tubo *o*, que puede ser de goma ó de vidrio, tiene por objeto evitar el contacto entre el alambre de cobre *c* del primer elemento, con el disco de zinc del segundo. Los tubos de vidrio, aunque son rígidos, se prefieren á los de goma, que suelen abrirse con facilidad.

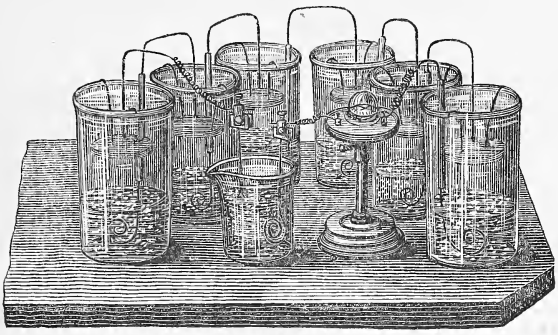
fig. 1.ª



La *figura* 1.ª bis representa una batería de seis elementos con sus dos polos, zinc y cobre, de los que arrancan conductores, arrollados en espiral, de alambre de cobre, que conviene que estén forrados como los que se usan para las

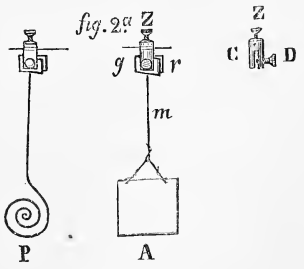
campanillas eléctricas, aunque no sea absolutamente necesario este revestimiento exterior. En el centro de la figura, y en

Fig. 1.ª bis.



primer término, se representan, á la izquierda, el vaso que contiene la disolucion que ha de someterse á la electrólisis, y dentro de ella una plancha de oro suspendida del polo negativo (zinc), y una espiral de alambre de platino en comunicacion con el polo positivo (cobre) de la batería. La espiral de platino puede verse con mayor claridad en la *figura* 1.ª, y señalada con la letra *P* en la *figura* 2.ª, en la que *A* indica la forma y colocacion de la plancha de oro. El vaso con la plancha, la espiral y la disolucion, se representa tambien en la *figura* 3.ª A la derecha de la *figura* 1.ª bis se ve el galvanómetro en comunicacion con el polo positivo de la batería por uno de sus polos, y por el otro con la espiral de platino sumergida en el vaso de descomposicion. Tambien puede colocarse el galvanómetro á la izquierda del vaso, poniéndole en comunicacion con el polo negativo de la batería, en cuyo caso se

fig. 2.ª



invierte el desvío de la aguja. En la situacion que tiene en el dibujo de las *figs.* 1.ª y 1.ª bis, forma el ángulo á la derecha del cero del limbo, y á la izquierda, cuando se coloque en comunicacion con el polo negativo.

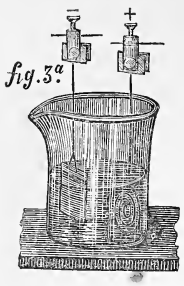


fig.3ª

La conexion de los seis elementos entre sí, se comprende fácilmente con la sola inspeccion de las *figs.* 1.ª y 1.ª bis.

Para poner en marcha la batería, no hay mas que echar agua, que debe ser de lluvia, ó al menos agua potable de las mas puras, en los vasos que forman los elementos, hasta llenarlos casi por completo. No adquiere la batería toda la fuerza de que es susceptible hasta las 48 horas, pero puede aplicarse á los ensayos á las 10 horas, y aun antes, si se cargan los vasos con agua calentada á 40 ó 50 grados. La corriente es regular y constante durante cinco ó seis semanas, aunque la batería trabaje de dia y de noche sin interrupcion.

El agua con que se cargan los elementos debe echarse con precaucion y no agitarla en ocasion alguna, porque la constancia y la regularidad de la corriente eléctrica, en esta clase de pilas, estriban en la diferente densidad de las capas de líquido que se van formando por la disolucion lenta del sulfato de cobre. Esta diferencia de densidad, es la resistencia que se opone á la mezcla de la disolucion de sulfato de zinc, que ocupa la parte superior del vaso, con la de sulfato de cobre que se forma en el fondo; resistencia que suple el efecto del vaso poroso de las pilas de Daniell y otras análogas. La parte interior del vaso, que el agua no cubre, y su borde superior, se untan con sebo, para evitar que las eflorescencias de sulfato de zinc ganen, primero, el borde, y luego la superficie exterior de los vasos. Las pérdidas de agua que por evaporacion espontánea experimentan los vasos, se reemplazan cada cinco ó seis dias en invierno, y cada dos dias, ó mejor diariamente, en verano. Cuando se consumen los cristales de sulfato de cobre, se desmonta la batería para cargarla de nuevo. Se vierte el líquido, se golpean los discos de zinc en todos sentidos con un mazo de madera, y se raspan

despues con un cuchillo por las dos caras y los bordes para separar el cobre adherido. Se limpian tambien las espirales de los alambres *c* de la misma manera, y con igual propósito y se recargan los vasos, aprovechando la sal de cobre que no se hubiere disuelto.

La pila descrita, que hemos adoptado para los ensayos de azogue y de cobre despues de haber ensayado las de Daniell, Bunsen, Leclanché, Grove, Smee y la de globo, que llaman en Alemania del Dr. Pinkus, es una modificacion de la que en Francia lleva el nombre de pila de Callaud. Construye estas pilas en Madrid el Sr. Sierra (1), y las emplea en las campanillas y relojes eléctricos. Es, por decirlo así, la pila elemental y sin disputa la mas sencilla de cuantas se han inventado. No da olor, trabaja con un solo líquido, dos metales de los mas comunes, y una sal barata que en todas partes se encuentra; y sobre todo, no necesita de vaso poroso, cuyos inconvenientes conocen todos los que han tenido necesidad de usarlos en operaciones que duran algunos dias. Produce además una corriente regular y constante, cuesta poco, y puede construirse con la mayor facilidad.

Galvanómetro.—Voltámetro.—Intensidad de la corriente y cantidad de electricidad de las baterías.—La corriente es constante y regular durante 5 ó 6 semanas, como se ha dicho, pero entre ciertos límites, el ensayador puede aumentar ó disminuir sus efectos. Aproximando los discos de zinc á los cristales de sulfato de cobre y á las espirales en que terminan los alambres *c* (*fig.* 1.ª), ó elevando la temperatura de la habitacion en donde esté colocada la batería, se aumenta la energía de la corriente; y el mismo resultado se consigue acortando la distancia entre la espiral de platino y la plancha de oro dentro del vaso de disolucion. El aumento de energía se advierte en el mayor desvío de la aguja del galvanómetro. En verano es evidente que el efecto de la batería es mayor que en el invierno; pero la precipitacion del azogue y del cobre, prolongando los ensayos el tiempo necesario, es completa en todo tiempo, por débil que sea la corriente. Puedo citar algunos

(1) Tiene sus talleres en la calle del Baño, núm. 8 duplicado, cuarto bajo.

experimentos con minerales ricos de azogue, ejecutados en el mes de diciembre á 4° sobre cero con una batería de tres pares ó elementos, en los que se ha depositado todo el azogue en 44 horas. En verano, entre 24 y 28° de temperatura, con una batería de seis elementos, se obtiene el mismo resultado en 30 horas. La energía de la corriente se puede debilitar subiendo, en los vasos, los discos de zinc, enfriando la habitacion, y alejando, dentro del vaso de descomposicion, la plancha de oro de la espiral de platino. Cuando la atmósfera está saturada de humedad, como ha ocurrido en Madrid con tanta frecuencia en el invierno de este año, disminuye notablemente la energía de la corriente.

Los galvanómetros, aplicados á los experimentos de electrólisis, no pueden dar idea exacta de la intensidad de la corriente, porque el desvío de la aguja imantada, cerrado el circuito como indica la *figura* 1.ª bis, no es solo consecuencia de la fuerza de la batería, sino que depende tambien de la resistencia que el líquido, sometido á la electrólisis, opone á la circulacion del fluido. Si la plancha de oro y la espiral se sumerjen, por ejemplo, en agua pura, marcará ménos grados que si se sumerjen en agua mezclada con un ácido. Segun los autores de Física, el agua acidulada es mejor conductor que el agua pura, lo que equivale á decir, que la primera opone menos resistencia que la segunda á la circulacion de la corriente. Modifican tambien las indicaciones del galvanómetro, la longitud y naturaleza de los metales que forman los conductores, y el estado higrométrico de la atmósfera, segun se ha dicho.

La cantidad de electricidad de una batería se mide en un voltámetro, por la cantidad de hidrógeno, en volúmen, que produce la corriente aplicada á la descomposicion del agua. Tres elementos de la batería descrita, ensayados en el mes de junio con un galvanómetro de los que se emplean en las estaciones telegráficas, dieron los siguientes resultados con conductores de cobre sin revestir, de 50 centímetros de longitud. Poniendo los eléctrodos en contacto, al aire, sin intermedio de líquido alguno, un galvanómetro marcó 66° en Madrid, y otro instrumento análogo y en idénticas condiciones, dió en Cartagena

con otra batería de 3 elementos, los mismos 66°. Introduciendo dos planchas de platino iguales, sujetas á los extremos de los conductores, en una mezcla de 100 partes de agua y 10 de ácido nítrico de 26°, los dos galvanómetros marcaron 45°; y reemplazando el líquido por una mezcla de 100 de agua y 1 de ácido sulfúrico á 66°, el galvanómetro de Madrid marcó 22° y 20° el de Cartagena. En ambos puntos se empleó el mismo voltámetro para descomponer el agua de la última mezcla; y mientras que en Madrid bastaron 13 minutos para producir 1 centímetro cúbico de gas hidrógeno con una batería de 3 elementos, en Cartagena con una batería semejante, fueron necesarios 16 minutos. En otras pruebas con 6 elementos, se invirtieron 6 minutos en obtener 1 centímetro cúbico de gas hidrógeno á 22° de temperatura. De modo que, segun estos experimentos, ejecutados con el único propósito de formar idea aproximada del valor de los grados del galvanómetro, para apreciar la cantidad y energía de la corriente en los ensayos de minerales, resulta que una corriente derivada de 3 elementos, que marca 66° en el galvanómetro al aire, da por término medio, 1 centímetro cúbico de gas hidrógeno en 15 minutos (1), señala 45° cuando los polos se sumerjen en una mezcla de 100 de agua y 10 de ácido nítrico, y 21° en un líquido compuesto de 100 de agua y 1 de ácido sulfúrico á 66°. La cantidad de electricidad puede medirse con precision en el voltámetro, pero el galvanómetro, cuando en el circuito entra una disolucion, no indica, en absoluto, la energía de la corriente. Es, sin embargo, un instrumento muy util en los ensayos por electrólisis (2) para formar idea de las resistencias que oponen á las corrientes las disoluciones de los minerales; y como para los ensayos de un mismo metal, los líquidos son análogos en composicion, los galvanómetros marcan próximamente los mismos grados en todos ellos, si las diferencias de temperatura no son considerables. Así, la bate-

(1) Aplicada á la descomposicion de una mezcla de 100 de agua y 1 de ácido sulfúrico á 66°.

(2) Conviene que cada batería lleve un galvanómetro de los que se usan en las Estaciones telegráficas, que son los mas sencillos y económicos.

ría de 6 elementos, en los ensayos de azogue, da un desvío de 35 á 40° segun la estacion, y 3 elementos en los ensayos de cobre, bastan para que la aguja se desvie de 40 á 45°, simplemente porque las disoluciones que se preparan para los ensayos de cobre oponen mucha menos resistencia que las de mercurio. Sirve ademas el galvanómetro, al empezar los ensayos, para cerciorarse de si todos los contactos son perfectos, ó lo que es lo mismo, de si circula la corriente; y si el desvío de la aguja se sostiene en el curso de la operacion, es prueba de que todo está en órden, y de que el ensayo marcha con regularidad.

Los experimentos que siguen, tomados de un Manual de Electro-metalurgia (1), demuestran, por una parte la resistencia que oponen á la corriente los eléctrodos en el vaso de descomposicion, y los metales en la pila segun su respectiva situacion, y por otra enseñan el modo de apreciar la intensidad de la corriente, por la cantidad de zinc disuelta en la batería ó la de cobre precipitada en el vaso de descomposicion; sirven de complemento á los que anteceden, y los considero de tanto valor en la práctica, que creo prestar, con su insercion en esta nota, un servicio á los que tengan necesidad de utilizar las corrientes eléctricas en los ensayos de minerales, ó para precipitar metales en disolucion con otro objeto cualquiera.

Efectos de resistencia.—En un vaso que contenga ácido sulfúrico diluido, se colocan dos planchas, una de cobre, *c*, y otra de zinc amalgamado, *z*, de las mismas dimensiones, en contacto por sus bordes superiores, y á una distancia de 4 á 5 milímetros por el inferior (*fig.* 4.ª) para que sin dificultad pueda salir el hidrógeno que se desprende de la plancha de cobre.

Si se anota el tiempo necesario para que se disuelvan 100 unidades (gramos, milígramos, etc.) de zinc y se repite el

---

1) J. Napier. A. Man. of Electro-Metallurgy.—5 Edit.; Loudon 1876.—página 86.

experimento colocando las mismas planchas, no en contacto sino á 30 milímetros una de otra (*fig.* 5.ª), cerrando el circuito con un alambre exterior, es decir, con un alambre que una las dos planchas, se observará, que en el mismo tiempo en que se disolvieron 100, ahora no se disolverán mas que 56 unidades de zinc. Si en vez del alambre exterior para unir entre sí las planchas, se le pone á cada una de ellas un conductor separado y planchas de cobre iguales á las anteriores, sujetas á los extremos de estos dos conductores (*fig.* 6.ª) se advertirá, sumergiéndolas en otro vaso lleno de una disolucion de sulfato de cobre, que en el mismo espacio de tiempo, no se disolverán mas que 10 unidades de zinc. De aquí concluye Napier, que la resistencia de 30 milímetros de ácido diluido entre las planchas de cobre y de zinc, basta para reducir á 56 por % el efecto que pueden dar las mismas planchas en contacto, y que este efecto se reduce á 10 por % cuando la descomposicion se hace en vaso separado, colocadas las planchas á 30 milímetros, lo mismo la de cobre y de zinc de la pila (vaso con ácido diluido) que las dos de cobre del vaso de descomposicion (disolucion de sulfato de cobre).

fig. 5.ª

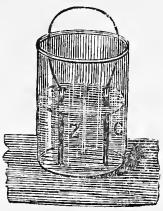


fig. 4.ª

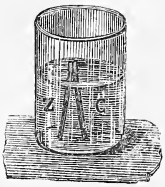
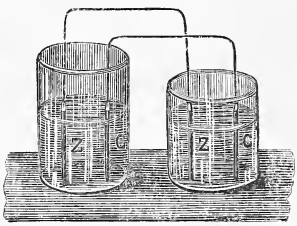


fig. 6.ª



Antes de tener conocimiento de estos curiosos experimentos, habíamos conseguido neutralizar los aumentos de energía en las pilas, ocasionados por la elevacion de temperatura en un clima tan caluroso, en el estío, como el de Cartagena, poniendo á mayor distancia los eléctrodos en los vasos de descomposicion.

Intensidad. Si en vez de un vaso con ácido sulfúrico diluido, se ponen dos en batería, sumergiendo en cada uno dos planchas, una de zinc y otra de cobre, iguales á las anteriores y á la misma distancia de 30 milímetros, y se unen, la plancha de cobre del primero con la del zinc del segundo; la de zinc del primero con una plancha de cobre *c*, sumergida en el vaso de descomposicion (*fig.* 7.ª), y la de cobre del segundo con la otra plancha de cobre *c* sumergida tambien en el mismo vaso, se advierte que en el tiempo en que se disolvieron 100 unidades de zinc en el primer experimento, con las planchas en contacto, se han disuelto solo 19 de zinc, y se han depositado 18 de cobre en la plancha *c* del vaso de descomposicion, que está en comunicacion con el polo zinc de la batería (*fig.* 7ª). Cuando en vez de dos, se ponen tres elementos ó pares para formar la batería, se disuelven en el mismo tiempo 26 unidades de zinc y se depositan 25 de cobre en el vaso, y aumentando sucesivamente el número de elementos, se verá que para llegar á precipitar 100 de cobre, en el tiempo en que se disolvieron 100 de zinc con las planchas en contacto, hay necesidad de reunir 30 en batería. Esto demuestra que la resistencia que las disoluciones oponen á la corriente, se vence aumentando la intensidad de la batería, lo que á su vez se consigue multiplicando el número de pares ó vasos; pero esto necesariamente produce, nótese bien, un consumo enorme de zinc. Puestas en contacto dos planchas una de cobre y otra de zinc como en la *figura* 4.ª, se disuelven 100 de zinc en un tiempo dado. Para trasmitir este efecto al vaso de descomposicion, es decir, para que en el mismo tiempo se depositen 100 de cobre (1) en el vaso de descom-

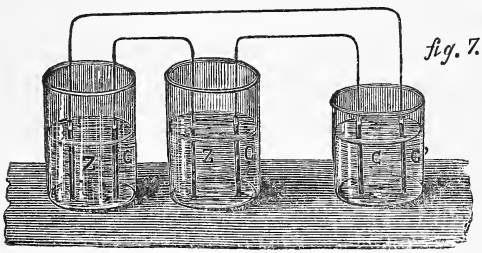


fig. 7.ª

(1) Suponiendo, para simplificar el ejemplo, iguales los pesos atómicos del cobre (=31,66) y del zinc (=32,52).

posicion, cuando las planchas están á 30 milímetros de distancia hay que reunir 30 elementos en batería, en cada uno de los cuales se consumen 100 de zinc, y entre los 30 ocasionan un gasto de 3000 unidades del mismo metal. Solo con este consumo de 3000 de zinc, puede lograrse la energía necesaria para precipitar 100 de cobre en el vaso de descomposicion, en el tiempo en que se disolvieron 100 de zinc en el experimento de la *figura* 4.ª

Sigue Napier discurriendo acerca del mismo asunto, y en párrafo separado trata de la

Intensidad relativa de las baterías. Diferentes baterías tienen grados de potencia distintos—distintas intensidades. Comparó un elemento de Wollaston con otro de Smee y con otro de Grove, colocados en circunstancias tan análogas como lo permiten la diferente disposicion de los líquidos y de los metales en estos aparatos. La superficie de zinc expuesta á la accion del ácido era igual en los tres pares, todos en comunicacion con eléctrodos sumergidos en una disolucion de sulfato de cobre. Los resultados de estos experimentos conducen á las conclusiones siguientes.

La intensidad de un par de Grove es tres veces mayor que la de uno de Smee y tres y tres cuartos veces mayor que la de uno de Wollaston. La intensidad en estos experimentos se valúa por la cantidad de cobre depositado en un tiempo dado en el eléctrodo negativo sumergido en una disolucion de sulfato de cobre en agua ligeramente acidulada.

En el cuadro siguiente se han condensado los resultados de experimentos ejecutados con el propósito de fijar la energía relativa de pares y de baterías de diferentes sistemas. Las planchas de cobre y zinc, sometidas á la accion del ácido sulfúrico diluido durante una hora, comunicaban con otras planchas de cobre, ó eléctrodos de doble superficie, sumergidas en una disolucion de sulfato de cobre. Los números de la tabla representan las cantidades de cobre precipitado en una hora.

Pilas de	Un par.	Dos pares.	Cuatro pares.	Seis pares.	Nueve pares.
Grove.....	55	72	93	97	98
Daniell.....	15	35	60	77	86
Smee.....	11	19	29	41	58
Wollaston.....	8	15	24	33	48

Los resultados de esta tabla, observa Napier, son en principio los mismos que anteriormente se indicaron. La intensidad de un par de Grove es próximamente igual á la de nueve de Smee ó nueve de Wollaston; y es de notar, que en la de Grove, la intensidad crece con lentitud extrema desde que se reunen cuatro elementos en batería.

De la electrólisis cuantitativa en general.

Descrita la batería adoptada para los experimentos que se van á referir, y explicados los recursos que tiene á su disposicion el ensayador para modificar la accion de la corriente, conviene advertir, que para analizar cuantitativamente el azogue y el cobre por medio de la corriente eléctrica, no basta precipitar completamente estos metales sobre láminas de oro ó platino en comunicacion con el polo negativo (zinc) de la batería, porque esto ni es nuevo, ni ofrece la menor dificultad, sino que es indispensable que la precipitacion se verifique en condiciones tales, que el azogue y el cobre queden tan perfectamente adheridos á las planchas de oro ó de platino, que se las pueda lavar en vasos llenos de agua, ó poniéndolas al chorro de una fuente y enjugarlas con papel de filtro sin que se desprenda nada del metal precipitado. Para conseguirlo, la disolucion ha de estar en condiciones adecuadas y la corriente ha de tener la fuerza proporcionada al trabajo que

ha de desempeñar y á la temperatura del ambiente ó recinto en que se haga el ensayo.

Las láminas de oro ó de platino, en comunicacion con el polo negativo, se pesan antes de sumergirlas en la disolucion, y despues de terminado el ensayo, y la diferencia entre ambos pesos, representa el azogue ó el cobre contenido en la sustancia analizada.

Se emplean el oro y el platino como eléctrodos, porque estos metales no se alteran ni al aire ni á la humedad; son insolubles en ácidos simples, y las mismas planchas pueden servir para infinitos ensayos, porque sumergiéndolas en ácido nítrico, despues de terminada la operacion, el azogue y el cobre se disuelven sin que se altere en lo mas mínimo el peso del oro ó del platino.

Antes de describir los procedimientos especiales para los ensayos de azogue y de cobre, advertiré que el método de la electrólisis es más seguro, más exacto y más fácil de ejecutar que todos los procedimientos analíticos hasta el dia conocidos para ensayar y analizar los dos metales referidos.

De la electrólisis del azogue.

El método de ensayar los minerales de azogue por *destilacion*, comunmente usado, pudiera considerarse como perfecto, si al lavar las gotas de metal que se recojen en el condensador, con el fin de reunirlas todas en un solo glóbulo, el agua de los lavados no arrastrara el mercurio subdividido que sobrenada, ocasionando pérdidas que con dificultad logran evitar los ensayadores mas hábiles y diestros en estas operaciones.

El método por *eletrólisis* que se va á describir y que hemos aplicado desde hace algun tiempo al ensayo de los minerales de Almadén (1), sin ofrecer ese inconveniente, lleva otras ventajas al de destilacion, entre las que son de notar las

(1) Historia de Tratamiento metalurg. del azogue en España.—Madrid, 1878, páginas 72 y 77.

siguientes: la asistencia del operador al ensayo es de corta duracion, es decir, que en poco tiempo puede un ensayador preparar las disoluciones que se someten á la accion de la corriente galvánica, accion que se prolonga treinta y tantas horas consecutivas, durante las cuales es innecesaria su asistencia. Los resultados del nuevo sistema son exactísimos, y los aparatos con que el ensayo se ejecuta tan sencillos, que pudiera explicarse el procedimiento en pocos renglones, si la presente nota fuera dirigida exclusivamente á químicos, acostumbrados á los trabajos de laboratorio. Con el propósito de que puedan utilizarle, aun personas poco versadas en las operaciones químicas, voy á describirle con algun detenimiento.

1.° Los pedazos de mineral que se han de ensayar, se muelen, y el polvo resultante se tamiza por un cedazo de crin no muy tupido, para evitar que entre las mallas quede retenido el azogue metálico, que suele hallarse mezclado con el cinabrio ó sulfuro de mercurio.

2.° Es condicion indispensable, para el buen éxito de los ensayos por el nuevo sistema, volver á moler, en un mortero de ágata, la porcion de mineral tamizado que se vaya á ensayar, hasta reducirle á polvo impalpable. Para conseguirlo, no basta á veces la segunda molienda, y hay que repetirla, sobre todo si el mineral se compone de cuarcita intimamente mezclada con cinabrio, como ocurre frecuentemente en Almadén. En los ensayos de minerales terrosos, no es precisa la tercera molienda, y en los hollines y sales, no hay necesidad de moler ni de tamizar las muestras.

3.° La cantidad que se ha de pesar para cada ensayo, debe arreglarse al contenido presumible de azogue en el mineral. Cuando por su aspecto no pueda formarse idea de su riqueza, se tomarán dos gramos, y se repetirá el ensayo, si fuere necesario, con la cantidad que corresponda á la ley hallada. Para los que pasan de 15 p °/₀ de azogue, bastará pesar *medio gramo*; *un gramo* de los comprendidos entre 5 y 15 p °/₀; *dos gramos* si la ley fuera de 2 á 5 p °/₀; *cinco gramos* cuando esté contenida entre ½ y 2 p °/₀; y *diez gramos* si son muy pobres, es decir, si contienen de ¹/₁₀ á ½ p °/₀ de azogue. No es absolutamente necesario ensayar con estas cantidades, pero se ga-

na tiempo en atenerse próximamente á los pesos indicados. Naturalmente, para la segunda molienda se tomará medio gramo, ó un gramo mas de lo que exactamente se haya de pesar, porque en la operacion es inevitable una pérdida. Rivot, en su tratado de Docimasia, aconseja que, para los ensayos por destilacion, se pese una cantidad de mineral que rinda á lo menos 1 gramo de azogue, de modo que, para las leyes anteriormente fijadas, habria que pesar respectivamente 5, 10, 20, 50 y 1000 gramos en vez de $^1/_2$, 1, 2, 5 y 10 que bastan en los ensayos por electrólisis. No puede considerarse como defecto del sistema, la necesidad de reducir á polvo impalpable el mineral que se ha de disolver para el ensayo, porque en el caso mas desfavorable, no hay que moler mas que 10 gramos, cantidad que aunque sea de la cuarcita mas dura de Almadén, puede pulverizarse perfectamente en media hora en un mortero de ágata. Además, si fuera necesario preparar muchos ensayos, no es difícil disponer aparatos con que se abrevie la operacion.

4.° Del mineral reducido á polvo impalpable, se pesa la cantidad correspondiente á su riqueza presumible, segun se ha dicho en el número anterior, en una balanza sensible á un miligramo con carga de 10 gramos en cada platillo. Se echa despues en una cápsula de porcelana de 12 á 14 centímetros de diámetro y fondo redondo, mezclándole con 20 centímetros cúbicos de agua, que no es necesario que sea destilada, y 10 de ácido cloro-hídrico puro, que marque de 16 á 18° en el arcómetro de Beaumé. Se calienta la cápsula, colocada sobre un cuadro de tela metálica, á la llama de una lámpara de espíritu de vino de doble corriente, á la de un mechero de gas ó en un baño de arena, graduando la temperatura de modo que el líquido se caliente y no rompa á hervir. A los ocho minutos próximamente de haber puesto la cápsula al fuego, y antes de que empiece la ebullicion, se echan en el líquide 500 miligramos á 1 gramo de clorato potásico cristalizado, ó una disolucion de esta sal en agua, en dósis pequeñas y frecuentes, y en esta operacion se emplean á lo sumo dos minutos. El mineral pierde su color, disolviéndose el mercurio y el hierro en estado de cloruros mercúrico y férrico, el azufre

en el de ácido sulfúrico, el selenio y el teluro, si el mineral contiene estos cuerpos, en el de ácidos selénico y telúrico, y de la cápsula se desprenden vapores abundantes de agua, de ácido clorhídrico y de cloro. Tan luego como se advierta que el cinabrio se ha disuelto, se añaden cincuenta centímetros cúbicos de agua, y se eleva la temperatura hasta que el líquido hierva tres minutos, y desaparezca el olor á cloro, que no debe confundirse con el del ácido clorhídrico. En este período, que dura seis minutos, tres para calentar y tres de ebullicion, se trasforman los ácidos selénico y telúrico en selenioso y teluroso. Cuando desaparece el olor del cloro, se echan en la cápsula 30 centímetros cúbicos de una disolucion en agua de sulfito amónico (1), que marque de 14 á 16° en el areómetro. El hervor cesa al añadir este reactivo, pero se restablece á los dos minutos, y dejando hervir la disolucion otros dos minutos mas, se retira la cápsula del fuego y se la pone á enfriar durante un cuarto de hora, despues de haber añadido otros diez centímetros cúbicos de la disolucion de sulfito amónico. Mientras la cápsula esté al fuego, se va reemplazando poco á poco el agua que se evapora. En resúmen, la disolucion dura veinte minutos: *ocho* para calentar el mineral con el agua y el ácido; *dos* para disolver el cinabrio con clorato potásico; *seis* para calentar, cuando se añade agua y para que se desprenda el cloro; *dos* para provocar la ebullicion cuando se añade el sulfito amónico, y *dos*, por fin, para que hierva con este reactivo. Si el mineral está mezclado con mucha pirita, habrá que aumentar un poco la dósis de clorato potásico, y la operacion se prolongará cuatro ó cinco minutos. Cuando los minerales contienen menos de 2 por °/₀ de azogue, la dósis de sulfito amónico, que se echa en la disolucion al retirar la cápsula del fuego, deberá elevarse á veinte centímetros cúbicos. El objeto de este reactivo es precipitar el selenio y el teluro, que en otro caso, al someter la disolucion á la corriente galvánica, se depositan con el azogue y ennegrecen la plancha de oro.

---

(1) El sulfito amónico se prepara neutralizando la disolucion acuosa del amoniaco, lo que generalmente se llama amoniaco, con otra disolucion en agua de ácido sulfuroso, recien preparada.

En un baño de arena, de dimensiones adecuadas, un ensayador puede cuidar de cinco ensayos á la vez; y en pesar 10 muestras, y en preparar las disoluciones correspondientes invertirá, á lo sumo, tres horas. El mismo tiempo empleará un preparador en moler las 10 muestras, en el supuesto de que unas sean ricas, otras de mediana, y alguna de baja ley.

5.° Al cuarto de hora de haber retirado la cápsula del fuego, se filtra la disolucion con las precauciones conocidas: primero se decanta, con cuidado, en el filtro, el líquido claro; luego se lava interiormente la cápsula y el resíduo, dejándole en reposo unos minutos para que se aclare el agua, y se decanta de nuevo en el filtro, repitiendo tres veces estas operaciones. Debe quedar un resíduo, en el que no se advierta color rojo, ni aun tinta rosácea de sulfuro de mercurio, si las moliendas se han ejecutado con esmero. En el caso contrario, se repite el ensayo, porque el color no desaparece, aunque se trate de nuevo el resíduo con ácido cloro-hídrico y cristales de clorato potásico. El líquido que pasa por el filtro se recibe en un vaso de vidrio cilíndrico, que tenga de 7 á 8 centímetros de diámetro y 8 á 10 de altura (1). La disolucion filtrada y el agua de los lavados, que deben mezclarse perfectamente con un agitador, forman un volúmen de 180 á 220 centímetros cúbicos. Esta disolucion, en la que se hallan reunidos los cloruros mercúrico y férrico, que contiene además sulfatos y cloruros amónico y potásico y ácidos cloro-hídrico y sulfúrico libres, es el electrólito que se somete á la accion de la corriente galvánica ó electrólisis.

6.° Del conductor del polo negativo ó zinc de la batería de seis elementos, se cuelga, por medio de un alambre de platino, una plancha cuadrada de oro puro *A* (*fig.* 2.ª), y de unos 40 á 60 milímetros de lado, con peso de 6 á 8 gramos. Pueden variarse el peso y las dimensiones, sin que por ello se resienta el resultado; y en vez de plancha, no hay inconveniente en servirse de una malla ó red de alambre de oro. En los primeros ensayos usábamos planchas de platino, pero

(1) No hay inconveniente en que sea de forma cónica, con tal que el diámetro, en la seccion media, no baje de 7 centímetros ni la altura de 10.

el azogue no se adhiere á este metal con tanta facilidad como al oro. De ambos metales se separa, por medio del ácido nítrico, el mercurio depositado sin la menor dificultad, ó simplemente calentando la plancha á la llama de una lámpara de espíritu de vino. Para poner la plancha en comunicacion con el polo zinc de la pila, se coje primero el alambre de platino *m* con una chapita de cobre ó de laton, doblada en forma de pinza, *r*, y despues la pinza, con el alambre dentro, se coloca en el hueco ú horcajadura de la prensa ó llave de laton *C*, fijándola con el tornillo *D*. Por el agujero superior de la misma prensa pasa el alambre *g*, que va directamente al polo negativo ó zinc de la batería, y se fija por medio del tornillo *z*.

Del conductor del polo positivo de la misma batería se cuelga una espiral de alambre de platino *P*, de 35 centímetros de longitud desarrollada y 5 gramos de peso, en idéntica forma á la que se ha explicado para la plancha de oro, y se representa en la *figura* 2.ª

7.º La espiral de platino y la plancha de oro se sumerjen en la disolucion del mineral del modo que representa la *figura* 3.ª, dejando fuera del líquido 6 ú 8 milímetros de la plancha, y bajando la espiral hasta que toque al fondo del vaso. El nivel del líquido y las posiciones de la plancha y de la espiral, se comprenden fácilmente con la sola inspeccion de la *figura* 3.ª

Con la disposicion que se ha dado al aparato, se consigue la circulacion de la corriente sin soldaduras. El alambre de platino *m* se une á otro del mismo metal, doblado en dos ramas *(fig.* 2.ª*)* por simple torsion, y estas se ajustan del mismo modo á los agujeros de la plancha de oro. Con las pinzas *r* y los tornillos *D* y *z* se consigue el perfecto contacto de los alambres de suspension con las llaves, que trasmiten la corriente á los conductores *g*. El de la espiral de platino, en vez de ir directamente al polo positivo de la pila, está en comunicacion con uno de los polos de un galvanómetro, y del polo opuesto de este instrumento sale otro conductor *P* (*figura* 1.ª), que es el que va directamente al polo positivo de la batería, como se representa en la *figura* 1.ª bis. A los

pocos minutos de haber sumergido la espiral y la plancha en la disolucion, se nota el color blanco del azogue en el oro, á no ser que el mineral sea muy pobre, en cuyo caso tarda más en aparecer; pero la precipitacion, de todos modos, es completa, aunque el termómetro descienda á 4°, que es la menor temperatura á que hemos hecho ensayos de esta clase, por débil que sea la corriente y baja la ley del mineral.

Sumergidas la plancha y la espiral en la disolucion, y teniendo seguridad, por el desvío de la aguja del galvanómetro, de que los contactos son perfectos, y de que circula la corriente, por el desprendimiento de gases en la plancha de oro, el ensayador puede abandonar completamente la operacion. A las 30 horas se prueba si el ensayo ha terminado, echando un poco de agua en el vaso que contiene la disolucion, la suficiente para que suba el nivel 3 ó 4 milímetros; se mezclan el agua y la disolucion con un agitador, y se observa, al cabo de media hora, si la porcion de plancha, cubierta por la subida de nivel, se blanquea ó no. En el segundo caso, se dará por terminado el ensayo; y si se ha blanqueado, se repite la prueba al cabo de una ó dos horas, procediendo á la tercera y siguientes, si fuere necesario.

8.° Terminado el ensayo, se coloca al lado de la disolucion un vaso grande, lleno de agua comun; de repente se saca la plancha de oro, sin desengancharla de la prensa *C*, ni aflojar los tornillos *D* y *Z* (*fig.* 2.ª), y se la sumerge en el instante en el agua del vaso, con el fin de diluir el ácido que sale adherido á la plancha, y no darle tiempo á que ataque al mercurio. Entonces se aflojan los tornillos *D* y *Z*, se separa la pinza *r*, y cogiendo con la mano el alambre *m*, se lleva la plancha de oro, cubierta de azogue, al chorro de una fuente, ó se lava dos ó tres veces en agua clara, y por último, con agua destilada. Se enjuga, comprimiéndola suavemente con la mano entre dos hojas de papel sin cola (papel de filtrar), y cuando se advierta que no desprende más humedad, se cuelga al aire, durante un cuarto de hora, en la habitacion en que se encuentre la balanza, ó si se quiere mayor exactitud, dentro de una campana de vidrio, en la que se coloca una cápsula pequeña con ácido sulfúrico que absorba la hume-

dad. Se pesa entonces, y conocido de antemano el peso de la plancha de oro con sus alambres, secada tambien al aire en la misma habitacion de la balanza, el aumento representa la cantidad de azogue en el mineral que se haya ensayado, y con este dato puede calcularse, por una simple proporcion, el contenido por ciento. Si se quisiera averiguar si se ha precipitado todo el metal, se sumerje de nuevo la plancha cubierta de azogue en el vaso de disolucion, restableciendo la comunicacion con la batería por medio de los tornillos de la prensa, y al cabo de una hora se saca, como se ha dicho, y se pesa de nuevo para verificar si ha aumentado ó no de peso. Si se quiere probar el líquido, que queda despues de haber sacado la plancha, con hidrógeno sulfurado, es preciso calentarle primero para separar el cloro libre que contiene la disolucion. Seis elementos en batería bastan para depositar en 30 ó 36 horas todo el azogue contenido en las disoluciones de los minerales más ricos. Con mayor número de elementos se abrevia algo la operacion, pero la corriente debe circular con cierta lentitud, para que el azogue se adhiera completamente á la plancha de oro, sin penetrarla y sin formar amalgama, que ocasionaria la destruccion de la plancha.

9.º Para limpiar la plancha de oro y utilizarla en otros ensayos, se la expone al calor de una lámpara de espíritu de vino para volatilizar el azogue, ó se la sumerje en ácido nítrico puro de 26°, y al cabo de media hora se la lava en agua, se la seca primero y se la enrojece despues á la llama de la lámpara de espíritu de vino, y se repiten estas operaciones, en las cuales la plancha no pierde de peso, hasta que el oro adquiera su color. Si tuviera alguna mancha, se la frota con piedra pomez en polvo y agua, y se vuelve á enrojecer y á lavar. No es inconveniente que quede mate la plancha para emplearla en nuevos ensayos; para volverla su lustre se la coloca entre dos hojas de papel sobre una mesa bien aplanada, y se la comprime con la mano del mortero de ágata, arrastrándola sobre la hoja superior del papel. Al frotarla con la piedra pomez pierde algo de peso, pero la pérdida no pasa de 5 á 10 miligramos, que pueden valer de uno y medio á tres céntimos de peseta. Si por cualquier incidente se man-

chara de modo que no fuera posible limpiarla con polvos de piedra pomez, se la sumerje durante algunos minutos en agua regia diluida, y se la lava dos ó tres veces con agua clara, enrojeciéndola antes de cada locion.

Los ensayos del azogue por electrólisis son más económicos que los de la via seca, aunque se suponga una pérdida de 10 miligramos de oro en cada operacion.

Resúmen. El procedimiento descrito es el resultado de experimentos ejecutados en mi laboratorio desde 1875. Las cantidades de mineral, las dósis de reactivos y las reglas para la marcha de la operacion que se proponen, son las que la experiencia nos ha indicado como más seguras, pero cada operador podrá variarlas con arreglo á sus observaciones. Hemos procurado simplificar los aparatos y generalizar el procedimiento para todos los compuestos de azogue, por lo ménos para los más conocidos; y con el fin de cerciorarnos de su exactitud, se han ensayado repetidas veces 8 muestras de minerales de Almadén préviamente analizados (1).

Hemos sometido al mismo procedimiento minerales de la provincia de Almería, que contenian cinabrio y mercurio córneo, un ejemplar de cinabrio de California, bermellon puro y algunas sales de mercurio. Para la electrólisis se han probado disoluciones nítricas solas y mezcladas con ácido sulfúrico, y la clorohídrica, con cortas cantidades de ácido sulfúrico y sales amoniacales, me ha parecido la más conveniente.

Respecto á las baterías, las de Daniell, grandes y medianas, de 4 y 6 elementos, lo mismo las que llevan el zinc en el vaso poroso que las que lo tienen colocado en el vaso exterior, dan excelentes resultados en estos ensayos. Otro tanto puede decirse de la batería de 4 elementos de Leclanché, tan usada en las estaciones telegráficas de las compañías de ferrocarriles, y de las baterías compuestas de 4 elementos de carbon y de zinc, excitadas con agua salada, que por su constancia se recomiendan para los relojes eléctricos. Dos ele-

(1) El resultado de estos análisis se ha publicado en la Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España. Madrid, 1878.

mentos de la pila de Bunsen, de los medianos, de 12 centímetros de altura, cargados con ácido nítrico de 36° y ácido sulfúrico de 10°, producen una corriente tan violenta para estos ensayos, que en pocas horas toda la parte de la plancha de oro, sumergida en la disolucion de un mineral rico de Almadén, se amalgamó, desprendiéndose de la porcion que estaba al aire, y se depositó en el fondo del vaso, en forma de amalgama pulverulenta. Las pilas con disco de zinc, espiral de cobre y dos líquidos, sulfato de cobre y sulfato de magnesia, contenidos en vasos separados, que se describen con el nombre de pilas de globo en catálogos y tratados de Física, y llevan en Alemania el nombre del Dr. Pinkus, son muy constantes, y dan una corriente regular durante mucho tiempo, con la que se ensayan perfectamente los minerales de azogue; pero son más complicadas, y se limpian con mayor dificultad que las descritas.

No he experimentado las pilas termo-eléctricas que en Francia se usan con el mejor éxito para los ensayos de cobre por electrólisis.

(Se continuará.)

PROGRESOS DE LA TELEGRAFIA ELECTRICA.—TRASMISION SIMULTANEA.

Conferencia sobre los teléfonos y fonógrafos, dada por Mr. Jamin, miembro del Instituto y profesor de la Escuela politécnica en la Facultad de París (*).

La América nos envia de cuando en cuando el anuncio de descubrimientos inverosímiles; muchos de ellos resultan falsos, ó por lo menos exagerados; otros, sin embargo, son ver-

(*) Tomada y redactada por los Sres. Jorge Maneuvrier y Krouckoll.

daderos. Así supimos en 1876 que habia inventado un instrumento, capaz de trasmitir la palabra humana, Mr. Graham Bell, profesor de Boston, y poco despues, que habia otro capaz de recoger y conservar todo un discurso para repetirlo en alta voz, invencion maravillosa, que comenzó á formar la reputacion de otro investigador americano, Mr. Edisson. He prometido explicar y presentaros ambos instrumentos, y bien pronto me he arrepentido de tal promesa. Meditando sobre el asunto, le he hallado tan vasto, que exigiria para exponerle con claridad muchas horas de conferencia, pues es preciso estudiar la voz humana, el lenguaje hablado, para haceros comprender cómo se trasmite y se conserva, es decir, toda la acústica. Os anuncio desde luego que la conferencia será larga; haré, sin embargo, todos los esfuerzos posibles para que no sea pesada.

Recordaré en primer lugar, que todos los sonidos provienen de vibraciones efectuadas por los cuerpos sonoros, que son en general todos los cuerpos mas ó menos elásticos. Hé aquí, por ejemplo, un diapason de gran tamaño: le sacudo con la mano, y empieza á temblar; y exagerando el movimiento con un arco de violin, queda vibrando por mucho tiempo. Las vibraciones se trasmiten al aire, del aire al oido, y percibimos una nota, un sonido.

Puedo demostrar la existencia de estas vibraciones aproximando un péndulo de marfil al diapason. Durante el tiempo que resuena, se ve al péndulo vivamente proyectado desde que toca la horquilla de hierro. Puede todavía hacerse mejor: se pueden inscribir las vibraciones. Para ello se fija un estilete en uno de los brazos del diapason. Cuando empieza á vibrar se pasa por delante, y al alcance de la punta vibratoria, una placa de vidrio ahumado. El estilete quita la parte negra en todos los puntos que toca, y escribe sus movimientos vibratorios en trazos trasparentes, que se destacan claramente sobre un fondo negro.

Nada mas fácil que mostrar á todos esta forma de inscripcion. Mr. Alfred Duboscq la coloca en el foco de una linterna mágica, y proyecta la imágen aumentada sobre una pantalla. Tambien puedo mostrar el diapason en disposicion de trazar

esta escritura. Para ello basta colocarle con su estilo y la placa de vidrio ahumado en el foco de la linterna mágica. Se ve en este momento como la punta del estilo se proyecta en negro sobre la pantalla, y queda perfectamente inmóvil. Se hace vibrar el diapason, é inmediatamente el estilo ejecuta un movimiento de vaiven muy señalado; y como la placa está fija, la punta traza sobre la superficie una parte única de línea recta; si se da despues á la placa un movimiento rápido de traslacion, el estilo va trazando la larga curva sinuosa, que es la representacion exacta de la vibracion.

Llamo vuestra atencion sobre la forma de este trazado. Es sencillo y regular, formado por una série de sinuosidades idénticas, y siempre sucede así cuando el sonido correspondiente es un sonido simple; pero si es complejo, es decir, formado por una mezcla de sonidos simples sobrepuestos, el dibujo representativo se complica mas ó menos. Aquí tenemos un diapason que puede dar dos sonidos diferentes, cuyo número de vibraciones se hallan entre sí como 1 y 3. Los llamaremos el sonido 1 y el sonido 3. Se ve que el sonido 3 es la quinta de la octava aguda del sonido 1. Hiriendo convenientemente el diapason con un arco de violin, se le hace dar únicamente el sonido grave. Se ve cómo se dibuja en la pantalla la curva representativa de este sonido, que es simple, como el anterior. Hiriéndole de otro modo, se le hace dar el sonido agudo, y se refleja la curva representativa, todavía simple; pero sus sinuosidades son mucho mas estrechas que en la curva del sonido 1. Por último, hiriendo el diapason de otra manera, se producen simultáneamente ambos sonidos, y entonces se forma una tercera curva, regular como las anteriores, pero mucho mas complicada, que representa la superposicion de ambos sonidos.

No puedo menos de manifestaros algunos casos sumamente curiosos de las vibraciones complejas estudiadas por Mr. Lissajous, y presentadas hace algunos años aquí mismo en la Sorbona por primera vez. Es un nuevo método para representar á la vista, aunque sin señalarlos, los movimientos vibratorios complejos de los sonidos sobrepuestos.

Se consigue de la manera siguiente.

Se toman dos diapasones, poniendo en cada uno de ellos un pequeño espejo plano fijado en uno de sus brazos. Se dirige un rayo luminoso sobre uno de los espejos, el cual le refleja sobre el segundo, este le envia á su vez sobre una pantalla, donde se ve la señal formando un punto luminoso. Si se hace vibrar solo cualquiera de los diapasones, el punto luminoso se anima de un movimiento de vaiven, que figura á la simple vista el movimiento vibratorio del diapason correspondiente. En este caso el punto luminoso vibra rectilíneamente, y cambia de lugar con bastante velocidad para que la série de sus posiciones sucesivas sobre la pantalla aparezca á simple vista como una porcion de recta luminosa.

Cualquiera puede transformar esta línea recta en una línea sinuosa, análoga á las demás, para lo cual basta mirarla moviendo la cabeza de arriba á abajo.

Haciendo vibrar simultáneamente los dos diapasones, se percibe un acorde, y al mismo tiempo se ve al rayo luminoso, que participa á la vez de los movimientos de ambos espejos, describir sobre la pantalla una curva luminosa, simétrica, de un efecto sorprendente. Se observa que se producen en la forma y en la orientacion de esta curva variaciones contínuas y periódicas. Esto consiste en que uno de los diapasones se retrasa respecto del otro; el intérvalo musical de los sonidos que da no es constante, y por consecuencia, de tal retraso contínuo experimenta variaciones correspondientes á las de la curva, y que tienen la misma periodicidad.

El cambio de forma de la curva representativa del movimiento vibratorio, hace muy sensible á la simple vista la modificacion que produce en un sonido la sobreposicion de otros. La modificacion se hace no menos sensible al oido que el cambio de timbre, de esta cualidad tan característica del sonido que hace distinguir claramente uno de otro dos instrumentos de música ó dos voces humanas. Así, si hacemos resonar solo un diapason, tenemos un sonido único, simple, de timbre particular. Si hacemos resonar simultáneamente un segundo, despues un tercero, etc., todos estos sonidos se sobreponen, se confunden en un sonido único, de timbre diferente de los sonidos componentes. Luego lo que constituye el

timbre de un sonido, es la sobreposicion de los sonidos simples, mas ó menos numerosos, que le constituyen.

La sobreposicion de sonidos simples que acabamos de producir aquí artificialmente por medio de estos diapasones, la producen naturalmente todos los instrumentos de música. Cuando se tocan, dan á la vez un número mayor ó menor de sonidos simples muy diversos, cuya sobreposicion da á cada uno de ellos su timbre particular. El que produce mas á la vez, y cuyo timbre es mas lleno y mas sonoro, es sin contradiccion el violin, y es muy fácil darse cuenta de ello. En efecto, el arco que hiere la cuerda la hace producir una mezcla de sonidos que se llaman las *armónicas*. Pero las vibraciones de esta cuerda se trasmiten á la tapa superior, y despues, por medio de una tablita que se llama *alma* del violin, á la tabla inferior, agregando las dos tablas sus vibraciones y sus sonidos propios á los de la cuerda. Por último, el aire aprisionado en el cuerpo del instrumento, como el que llena un tubo, entra tambien en vibracion y añade nuevos sonidos á los anteriores. Hé aquí cómo sucede que el violin da un conjunto muy complicado de sonidos, cómo tiene un timbre especial sumamente sonoro, y cómo el trazado de sus vibraciones es tan complicado.

Del mismo modo que hemos compuesto una mezcla de sonidos y formado por síntesis un timbre particular, podemos descomponerle en sus elementos sonoros, y analizar así el timbre de un sonido completo cualquiera. Para ello se utiliza el fenómeno de la resonancia.

Tomemos dos diapasones idénticos, colocados enfrente uno de otro á alguna distancia. Si herimos vigorosamente á uno de ellos con un arco de violin, produce un sonido muy intenso. Lo mas curioso es que el segundo diapason, al cual no hemos llegado, entra tambien en vibracion y suena unísono con el primero. Verdad es que su sonido se halla entonces casi apagado por el otro, porque es mucho mas débil, y no se puede percibir; pero si se apaga de repente el primero, poniendo la mano en sus ramas, se oye prolongarse la misma nota suavemente, producida por el segundo diapason. Así las vibraciones de uno se comunican al otro por intermedio del

aire. Cuando suena el primero le responde el segundo. Se dice que resuena unísono con el *primero*, y esto constituye un fenómeno de resonancia.

Si en vez del segundo diapason se coloca un tercero que dé una nota diferente, queda absolutamente en silencio cuando hacemos vibrar al primero. El fenómeno de resonancia no se produce, y el sonido de diapason no puede comunicarse á otro instrumento que fuera incapaz de darla directamente.

Puede esplicarse lo que pasa en estos casos diversos, por medio de una comparacion algo comun, pero muy clara. Supongamos que se tiene delante de sí una ramilla de álamo. Si se pone la mano encima, vibrará como una rama del diapason. Continuando dándola impulsos que concuerden siempre con el movimiento comenzado, se aumentará el movimiento vibratorio: si, por el contrario, se le dan impulsos discordantes, se suspenderá el movimiento vibratorio. En el caso de los diapasones unísonos, el segundo recibe del primero, por intermedio del aire, impulsos concordantes que le ponen en vibracion; en otro caso, el segundo diapason recibe del primero impulsos discordantes, cuyos efectos se destruyen mútuamente.

Nuestro diapason puede igualmente hacer resonar un tubo sonoro, puesto que éste puede dar la misma nota, ó uno de los sonidos simples que constituyen la nota. Si tomamos dos tubos sonoros y colocamos sobre la boca del primero el diapason vibrante, se percibe un aumento considerable del sonido, porque el tubo suena unísono con el diapason. Si colocamos este último encima del segundo tubo, nada se percibe, porque el tubo es incapaz de dar las notas. Pero si ponemos sobre el mismo tubo otro diapason que vibre unísono, se percibirá un aumento considerable.

Los ejemplos de resonancia son muy numerosos. Siempre que se produce un sonido ó una mezcla de sonidos, éste resuena más ó menos, aumentando los sonidos que es capaz de producir. Todo instrumento de música puede, pues, servir para analizar un timbre ó una mezcla de sonidos. El instrumento que podrá por sí mismo producir el mayor número de sonidos, será el mejor analizador. El piano, por ejemplo,

puede servir muy bien para ello. Hé aquí un esperimento que las señoras podrán repetir fielmente. Si se produce un sonido bastante intenso con un violin, por ejemplo, sobre la tabla de armonía de un piano de cola abierto, inmediatamente el piano repetirá el sonido del violin y con su timbre. Esto consiste en que algunas de las cuerdas del piano han resonado, y ellas son las que vibran unísonas con los sonidos simples que constituyen la nota del violin; otras cuerdas permanecen inmóviles y silenciosas. Poniendo en todas las cuerdas pedacitos de papel doblado, caerán donde se agitan, indicando de este modo las que vibran unísonas con el violin. Se puede, pues, deducir que las notas correspondientes á estas cuerdas entran en la composicion del timbre del sonido producido. Si existiesen pianos de cuerdas más unidas que los pianos comunes, podrian servir para analizar toda clase de sonidos.

Preguntareis sin duda á qué conduce toda esta teoría, suponiendo que nos hallamos muy distantes de hablar del teléfono; pero pronto voy á llegar á él. Antes de decir cómo se trasmite la palabra, es preciso esplicar cómo se produce, y empezar por establecer los principios que permiten analizarla y reproducirla.

El lenguage, como es sabido, se compone de consonantes y vocales. La consonante indica una especie de esplosion que resulta de un movimiento de los labios que empieza ó termina una sílaba *ba*, *be*, *bo*, *ab*, *eb*, *ob*. No es un sonido que pueda sostenerse; es el principio ó el fin de una emision de voz. La vocal, por el contrario, es un sonido agudo, sostenido. Luego cada uno de estos sonidos puede tener cualidades diferentes, y por lo tanto, cada uno de ellos resulta de una mezcla de sonidos particulares.

Vamos á demostrarlo haciendo su análisis. ¿De qué manera? Por medio del analizador de los sonidos, de que hablaba antes, de un piano. Si se grita delante de un piano abierto *a*, *e*, *i*, etc., el piano responderá con una admirable limpieza *a*, *e*, *i*. No solo responderá, sino que habiendo puesto los pedacitos de papel doblado sobre las diversas cuerdas, dará á conocer cuáles son las notas que entran en la composicion de la sílaba pronunciada. A cada vocal pronunciada vi-

brará un cierto número de cuerdas, que son aquellas cuyos sonidos entran en la composicion del timbre de la vocal. Se las distinguirá fácilmente de las demás por medio de los pedacitos de papel que se caerán.

Este es, pues, un medio sencillo de analizar las vocales y de determinar, por decirlo así, los ingredientes sonoros que entran en la constitucion de cada una de ellas. Muchos físicos, entre ellos Mr. Helmholtz, han tratado de esta cuestion. Por un procedimiento análogo al anterior, pero mucho mas científico y del cual no hablaremos, ha descubierto cuáles son los sonidos simples que constituyen el timbre de las diferentes vocales. Entre ellas hay una que siempre juega un papel preponderante, y se llama la *vocablo* de la vocal. Para la vocal *a* la vocablo es el si^{b} de la cuarta octava, que los físicos llaman $si^{b\,4}$; para la vocal *o* es el $si^{b\,3}$; para la *e* es el $re^{b\,6}$, etc. Tomemos, por ejemplo, un diapason que pueda dar el $si^{b\,4}$. Se le hace vibrar aproximándole á la boca, á la cual se ha dado la actitud necesaria para pronunciar la vocal *a*, y se observa que la boca resuena como un tubo sonoro que diera la nota $si^{b\,4}$, y que el sonido del diapason aumenta. Puede repetirse el mismo esperimento con otros diapasones que den el sonido $si^{b\,4}$ ó $re^{b\,6}$, ó los demás vocablos de las diferentes vocales.

No basta haber analizado los sonidos articulados y reproducirlos artificialmente: es necesario saber cómo los producimos. No es la boca el órgano vocal propiamente dicho, sino la laringe, que se compone de una cavidad con dos aberturas provistas de labios. Estos vibran á voluntad, y producen una mezcla muy compleja de sonidos. La boca y las fosas nasales eligen entre estos sonidos; esfuerzan unos y apagan otros. Así se produce el timbre característico de cada vocal, segun la forma que toma la boca, y la resonancia particular que de aquí resulta.

La produccion de los sonidos en un instrumento de aire puede dar una idea muy exacta de la produccion de la voz. Si tomamos, por ejemplo, un clarin de los que se usan en la Escuela politécnica, y le hacemos resonar soplando en la boquilla aislada del instrumento, se oye, no un sonido, sino

mas bien un ruido complejo y confuso, que es una mezcla de sonidos. Si se le adapta la boquilla de bocina y se sopla nuevamente, entonces se oye un sonido resonante. Consiste esto en que en esta mezcla, en este ramo de sonidos dados confusamente por la boca, el tubo sonoro que constituye el resto del instrumento ha elegido algunos para reforzarlos y formar un sonido musical de un timbre particular. Es el que forma la cavidad bucal por los sonidos que emite la laringe. Unicamente como puede tomar un gran número de formas variadas, puede tambien reforzar un gran número de sonidos variados y producir timbres muy diversos.

Puede ponerse muy claramente en evidencia el papel de la boca y de las fosas nasales en la produccion de la voz. En lugar de emitir el ramo de los sonidos primitivos en la laringe y en lo interior de la boca, podemos producirlo esteriormente. Tomemos de nuevo los diapasones que den los vocablos de las vocales, por ejemplo $si^{b\,4}$; hagámoslos vibrar, aproximémoslos á la boca, á la cual damos la forma que adquiere cuando pronuncia la vocal *a*, la forma que el profesor de filosofía enseñaba perfectamente á Mr. Jourdan, y oimos claramente *a*. El mismo esperimento da el resultado con los diapasones que dan los vocablos *e*, *i*, *o*, etc.

(*Se continuará.*)

CIENCIAS NATURALES.

EL CRÁNEO DE DESCARTES.

Al visitar las galerías de Anatomía comparada en el Museo de Historia natural de París, varias veces he contemplado con profundo respeto el cráneo del célebre Descartes, que allí se conserva. Esta preciosa reliquia procede de un regalo hecho al baron Cuvier por otra notabilidad científica, el eminente químico Bercelius, quien de un modo casual encontró en Stokolmo el expresado cráneo, y quiso restituirlo á su patria, poniéndolo en las manos del príncipe de los naturalistas franceses en el presente siglo.

El regalo fué acompañado de una carta en que Bercelius da cuenta de su hallazgo, y por lo curiosa, y por ser un documento histórico para la ciencia, ofrezco una copia á la Seccion 3.ª, por si cree conveniente publicarla en la Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que da á luz nuestra Academia, añadiendo el dibujo que he sacado del *Journal de Zoologie*, que tambien copia la carta, conservada en los archivos del citado Museo.

CARTA DE BERCELIUS AL BARON CUVIER.

«*Stokolmo* 6 *de Abril de* 1821.

»Señor: Voy á tener la honra de trasmitiros una comuni-»cacion asaz curiosa. En una sesion de vuestra Academia de

»Ciencias, á que asistí estando en París, oí la relacion hecha »por los miembros de la misma que habian presenciado la »traslacion de los huesos de Descartes, creo que desde la »iglesia de Santa Genoveva á otro sitio, y en ella se anuncia- »ba que faltaba alguna parte al esqueleto, y esta era la ca- »beza.

»Alguno de los Académicos contestó diciendo que el es- »queleto de Descartes habia llegado de Suecia en un estado »incompleto. Esta circunstancia llamó mi atencion. Cualquier »cosa perteneciente á Descartes era ciertamente una reliquia »preciosa; pero quitar la parte mas esencial de sus despojos »mortales, reclamados por la patria, de hombre tan grande, »me pareció un sacrilegio, que no debia reprocharse á los »suecos sin estar bien certificada la fechoría.

»Pero ¡cuál ha sido mi sorpresa cuando, hará un mes, leí »en una de nuestras *Gacetas*, que entre los efectos del difunto »Mr. Sparman, se habia vendido en una almoneda por 37 »francos el cráneo de Descartes! Recordando lo que habia »oido en París, me decidí á adquirir dicha cabeza; porque »aunque no fuera la de Descartes, me pareció indecoroso que, »una cabeza que pasaba por la suya, pudiera venderse aún »otra vez como objeto curioso. La casualidad me hizo saber »que el comprador del cráneo habia sido un tal Sr. Arngren, »y no titubeé en proponerle me le cediera por el precio que »quisiese ponerle, con el fin de poderlo enviar á París para »reunirle con los otros restos del célebre filósofo francés. El »Sr. Arngren tuvo la amabilidad de contestarme que, para un »objeto tan laudable, me cedia el cráneo por el mismo precio »que él habia pagado.

»Nuestro Ministro en París, el Sr. Conde de Lœvenheilus, »que salió de aquí antes de ayer, ha tenido la bondad de en- »cargarse del trasporte de esta reliquia, de la cual ruego á us- »ted, señor, haga el uso que le parezca más conveniente.

»Es imposible determinar con certeza que el cráneo en »cuestion sea efectivamente el de Descartes; no obstante, las »probabilidades en favor de esta idea son muy grandes, por- »que la mayor parte de los poseedores han puesto en él su »nombre; de manera que casi se puede establecer el modo

S. Rebuelta lit. Lit. de M. Fernandez, Madrid.

EL CRANEO DE DESCARTES.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

»como se han sucedido. Sobre el medio del hueso frontal, se »ve un nombre casi borrado por las vicisitudes de los tiem- »pos, pudiéndose descifrar no obstante *J. Fr. Planstrom*, de- »bajo del cual la escritura está borrada, pero leyéndose la »palabra *tagen*, que quiere decir tomado, y el número 1666. »Por una mano mas moderna está escrito debajo lo que sigue, »traducido. *El cráneo de Descartes, tomado por J. Fr. Plans- »trom el año* 1666, *cuando se iba á volver el cuerpo á Francia.* »Sobre la parte más elevada del expresado hueso, se han es- »crito los versos siguientes en latin:

»*Parvula Cartessi fuit hæc calvaria magni,*
»*Exuvias reliquas gallica busta tegunt;*
»*Sed laus ingenii solo difunditur orbe,*
»*Mixtaque cœlicolis mens pia semper ovat.*

»No se encuentra quién fué el poseedor que siguió á Plans- »trom, pero se ve que, 85 años despues, este cráneo le po- »seia un célebre escritor sueco, Anders Anton von Hjernman, »que puso su nombre con el año 1751. A este siguió Olaus »Celsius, el hijo (obispo de Lund), y despues de él, el cráneo »pasó á manos de los Sres. Hœgerflycht, Arkenholtz, Augren, »Sparman, Arngren, y por fin, en uso del derecho de último »poseedor, ruego á usted, señor, le dé un lugar cerca de los »*Exuvia reliqua quæ gallica busta tegunt,* si creeis en la pro- »babilidad de que este cráneo sea el de Descartes, grande por »cierto para merecer tal colocacion.—Bercelius.»

El cuerpo de Descartes, exhumado de los sepulcros de los reyes de Suecia por órden de la reina Christina, se devolvió á Francia en 1667, depositándolo en la abadía de Santa Genoveva, lo cual fué objeto de una ceremonia que tuvo lugar el 24 de junio del mismo año. Cuando se adjudicó una parte del edificio de dicha abadía al Liceo que sucesivamente ha llevado los nombres de Enrique IV, Napoleon y Liceo de Corneille, fué depositado en el Museo de los monumentos históricos, despues en la capilla de S. Francisco de Sales, y en fin, en otra de la iglesia de S. Germain-des-Pres, donde permanece. La siguiente inscripcion le recomienda al respeto de los visitantes:

«*Memoria Renati Descartes, reconditioris doctrinæ laude ingenii subtilitate præcellentissimi, qui primus à renovatis in Europa bonarum litterarum studiis rationis humanæ jura salva fidei christianæ auctoritate vindicavit et asseruit nunc veritatis quam unice coluit conspectu fruitur.*»

M. P. Graells.

APUNTES

para la fauna mastológica de España, por D. Eduardo Boscá, *catedrático de Historia natural en el Instituto de Ciudad-Real.*

I. *Rhinolophus bihastatus,* Cuv.—Foyos, Puig (Valencia).

Es frecuente esta especie, que desde el anochecer principia á volar, entrando en las habitaciones en busca de los insectos que acuden á la luz artificial: durante el dia se le ve colgado en el techo de las andanas, graneros, etc., pero aislados unos de otros, y escasos. Depositados en la Universidad de Valencia, en donde se conservan disecados 2 ♀ y un feto.

En un socavon de desagüe (sin concluir), anejo á la mina de Cinabrio de la «Concepcion,» en Almadenejos, he recogido un *Rhinolophus*, que me pareció la especie citada, el cual se halla en el Museo de Madrid.

II. *Plecotus auritus,* L.—Pozo-hondo (Albacete); Ciudad-Real.

En la primera localidad se encontró un individuo ♀, al deshacer el techo de una casa, el cual deposité en la Universidad de Valencia, y otro individuo penetró en las habitaciones, ya muy adelantada la noche, siendo remitido al Sr. Latarte, de París. En la Universidad de Valencia figuran además dos individuos cogidos en el Puig, y en el monasterio de Portaceli, en dicha provincia.

III. *Vespertilio barbastellus*, L. var. *alba*.—Valencia. Existe disecada una ♀ en la Universidad de Valencia.

IV. *Vespertilio murinus*, L.—Almacera, Manises, Rocafort (Cova del Gall), Puig (Valencia), Almadenejos (Socavon de la «Concepcion»), Ciudad-Real.

Especie abundante, cuyos individuos se les ve gran parte del año formando bandadas numerosas, que á la caida de la tarde se dirigen desde los pueblos hácia la Albufera y tierras de arroz, en donde encuentran fácil y abundante pasto. Durante el reposo se hallan apelotonados en gran número y pendientes del techo de las cuevas, bodegas y habitaciones descuidadas é inhabitables.

A propósito de los actuales estudios sobre la época de fecundacion de los murciélagos en general, que se supone sea en el otoño, antes de la invernada, visité en Diciembre último el ya dicho socavon de Almadenejos, con el objeto de hacer provision de ejemplares del mayor número posible de las especies que allí se reunen, pero me hallé desierta la galería en toda su extension, que es de mas de 500 metros. Un solo individuo de la especie que nos ocupa descubrí colgado de la bóveda que otras veces habia visto cubierta en gran parte por apiñadas masas de murciélagos; y es de sospechar que, aun cuando allí domina una temperatura mas bien molesta por lo elevada, los animales buscaran mas profundo abrigo en los huecos que deben existir entre la bóveda de fortificacion y el terreno perforado, de lo que no pude persuadirme por no llevar varillas ni instrumento alguno adecuado para verificar el sondeo de las grietas, que aunque escasas, existian.

En Abril de 1877, al trasladar á Ciudad-Real una porcion de dichos animales, pude ver que la mayor parte de las hembras habian abortado los fetos, ya muy desarrollados con las membranas que los envolvian, y otras lo verificaron despues de sueltas en una habitacion, por lo que presumo si lo efectuarian para estar mejor dispuestas para la fuga. He depositado varios individuos en la Universidad de Valencia, otros en el Museo de Madrid é Instituto de Ciudad-Real, y tambien remití ejemplares al Sr. Lataste.

V. *Vespertilio serotinus*, L.—Valencia. Un individuo disecado figura en la Universidad de Valencia.

VI. *Vespertilio pipistrellus*, L.—Valencia. Muy comun en la poblacion, así como en el campo, viéndosele volar en ocasiones en pleno dia, alojándose en los tejados y grietas de los edificios, así como en el tronco de los árboles carcomidos. La Universidad de Valencia posee un individuo que fué cogido en Godella.

VII. *Miniopterus Schreibersii*, Natt.—Almadenejos. En el socavon antes dicho se halla, aunque escaso, con las otras especies. Depositado en el Museo de Madrid y en el Instituto de Ciudad-Real.

VIII. *Erinaceus europæus*, L.—Vallada (Valencia); Pozohondo. Ambos ejemplares, descubiertos por los perros, se hallaron dormidos en una abundante cama de hojarasca y en el espesor de las matas. Los dos se perdieron despues de tenerlos vivos varios años en cautividad.

Es especie comun, al menos en la parte meridional y central de la Península, en los parages incultos; pero sus hábitos nocturnos, así como su prolongado letargo en el invierno, hace el que solo se le vea en actividad por pocas personas. En las huertas de Sanchorey, en Ciudad-Real, se le ha cazado varias veces para comerle.

IX. *Talpa europæa*, L.—Tuy (Pontevedra). Habia buscado inútilmente esta especie en varias localidades, en las que se me aseguraba que existia, hasta que pude observar un individuo, en Julio del pasado año, en la ribera del Miño, en ocasion de regar las huertas por inundacion. El subsuelo, que se halla á muy poca profundidad, lo forma el granito ó piedra berroqueña, y esta circunstancia obliga á salir á los topos de sus galerías con bastante frecuencia, para no perecer ahogados. Me aseguraron que eran abundantes á lo largo de entre ambas márgenes de dicho rio. Depositado en el Museo de Madrid en alcohol.

X. *Talpa cæca*, Sav.—Valencia. Una ♀ existe en la Universidad de Valencia.

XI. *Sorex araneus*, Herm.—Ciudad-Real, Játiva, Paterna, Valencia.

Esta especie es frecuente, aunque no mucho, en las huertas de dichas localidades, en donde la he encontrado en pleno dia, descubriéndola al oido, por sus chillidos característicos, en las márgenes de los canales de riego, y un individuo ahogado en una alberca. Depositados en la Universidad de Valencia un ♂ y dos juv. de las dos últimas localidades; el ejemplar de Játiva en el Museo de Madrid, y el de Ciudad-Real remitido al Sr. Lataste.

XII. *Mus alexandrinus*, Desm.—Silla (Valencia). Una ♀ depositada en la Universidad de Valencia.

XIII. *Mus tectorum*, Savi.—Valencia. Comun en las alquerías y barracas de la huerta, alojándose en los techos, conociéndosela vulgarmente con el nombre de *Rata taulaina*. Depositados dos individuos en la Universidad de Valencia, cogidos en la *Volta del Rosiñol*.

En las vallas formadas por altos cipreses en el Jardin botánico de Valencia, con el objeto de proteger los cuadros de los vientos del N., crian gran número de dichas ratas.

XIV. *Mus musculus*, L.—Valencia, Ciudad-Real. Comunísimo en las casas y almacenes de todas clases. Depositados en el Museo de Madrid, y remitido al Sr. Lataste.

XV. *Mus musculus? varietas.*—Foyos. Huertas de Sanchorey (Ciudad-Real). Esta variedad, que está actualmente en estudio por el Sr. Z. Gerbe, á quien la he remitido por conducto del Sr. Lataste, se distingue por su vientre blanquecino, y por habitar en el campo en los pajares y en las galerías de los arvícolas. Es un hecho semejante al que se observa con algunos gorriones que crian constantemente en los árboles, á los que los distinguen los campesinos de Masamagrell (Valencia) con el nombre de *Taulay morisch* (gorrion moruno). El ejemplar de la primera localidad se ha depositado en la Universidad de Valencia, y dos individuos de Ciudad-Real fueron remitidos á París.

XVI. *Mus sylvaticus*, L.—Despoblado de la Caracollera (Ciudad-Real), Belalcazar (Córdoba).

En varias escursiones hechas por ambas provincias y la de Badajoz, habia encontrado repetidas veces, debajo de las piedras levantadas para coger reptiles, restos de frutos, se-

millas y de grandes insectos, formando depósito en el hueco, que, segun todas las apariencias, debia haber estado ocupado por algun pequeño mamífero. Una de las veces, en Caracollera, al registrar el pié de uno de los altos crestones formados por las capas verticales de la cuarcita silúrica, tan frecuentes en aquella region, al voltear un gran canto, descubrí una hembra de la especie apuntada, que huyó á unas matas inmediatas, llevando prendidos á las mamas dos hijuelos: la cama, en la que habia quedado otro hijo, era relativamente grande, formada por el heno y algunas plumas, dispuesto en cilindro hueco muy alto. Devuelta la piedra á su primera posicion, y sacudidas las plantas en donde se habia ocultado la referida hembra, pasó esta inmediatamente á su madriguera, sin que se soltaran los hijuelos, siendo ya fácil el apoderarme de todos los individuos. Al trasladarlos á mi domicilio, pude apercibirme de la índole mansa de la madre, que ni trató de morderme una sola vez, ni de escaparse, al revisar con frecuencia el saco en que venian, por temor de que fuera perforado. Instalada la misma cama con las ratas, en un gran frasco de cristal cubierto en su boca por una simple red de hilo bramante, me hallé al otro dia con que ésta habia sido destruida, temiendo desde luego el haber perdido por lo menos la madre; pero lejos de esto, pude, por el contrario, verla amamantando á sus hijos en medio de una bola que habia formado con el heno. Ya no me cuidé de tapar mas el frasco por entonces, viendo diariamente señales de los paseos nocturnos que la rata daba por mi mesa escritorio, hasta que á fines de Noviembre, con motivo de los primeros frios sin duda, se vió instigada á buscar mas abrigo, emprendiendo un largo trabajo de destruccion y acarreo de los papeles que encontró mas próximos, motivo por el que se arregló una caja á propósito, á donde se trasladó la colonia, pensando en la posibilidad de que, procreando en el cautiverio, llegaria el dia en que se proporcionara esta especie, poco conocida, á los Museos y naturalistas que la desearan.

La vida que llevaron en dicha caja fué sosegada, dejándose ver tan solo por la noche, pues permanecian juntos durmiendo durante el dia; la comida que preferian era el ca-

cahuete tostado y las espigas de trigo, con mas alguna langosta que les solia proporcionar de vez en cuando; y cualquiera que fuera la cantidad de provisiones que se les dejara, terminaban siempre por almacenarlas en uno de los aposentos vacíos. No puedo asegurar la edad de los pequeños al tiempo de cogerlos, pero deberian tener por lo menos una semana, y al cabo de otra ya comian, sin que dejaran de mamar hasta pasados 15 ó mas dias despues de tenerles á mi disposicion. A los tres meses principió el cambio en el color del pelaje, que, de gris subido, pasó á un canela ferrujinoso claro. Circunstancias especiales me obligaron en el mes de Junio pasado á desistir de la cria de dichos animales, despues de siete meses de cuidados.

Otro individuo visto en las inmediaciones de la estacion de Belalcázar, habitaba igualmente debajo de una piedra ya demasiado pesada para que pudiera moverse con facilidad, en un sitio muy parecido: y como el referido anteriormente se hallaba expuesto al N., y tan inmediato á la gran muralla natural, que dudo mucho el que les alcanzara el sol aun en el máximo de su altura.

Observando los individuos cautivos, pude averiguar algo de sus costumbres, que me explicára los indicios de la existencia de un pequeño mamífero de que me he ocupado anteriormente, pues aparte de que es indudable que comen los insectos, y en particular los ortópteros, privándoles de alimento por una noche, al dia siguiente, al colocarles el comedero bien provisto de alimentos en pequeños trozos, se les veia salir para coger una porcion que llevaban en la boca, con objeto de comerla ocultos en su aposento. De esto puede deducirse que el animal en estado de libertad, busca un escondrijo provisional cerca de donde haya alimento adecuado, al que va cada vez cargado con su presa, para devorarla tranquilamente al abrigo de la intemperie, y tambien de sus enemigos. Tres ejemplares depositados en el Museo de Madrid, y uno remitido al Sr. Lataste (*en alcohol*).

XVII. *Arvicola* (*Paludicola*) *amphibius*, Illig.—Silla (Valencia). Comun en las márgenes de las acequias de las tierras arrozales, en las que se abre profundas madrigueras con dis-

tintas entradas, alguna de las que se presenta debajo del agua. En la época de la cosecha de dicha gramínea, cuando cortan las aguas con el objeto de enjugar un tanto las tierras y entrar en ellas para cortar las espigas, es fácil descubrir dichas bocas de entrada y obligar á que salgan las ratas, lo cual se consigue con mucha más facilidad, valiéndose de unos perritos que están adiestrados en esta caza, pues es bastante apreciada la carne como alimento, que se vende en los mercados de muchos pueblos de la ribera del Jucar. Depositado un ejemplar en la Universidad de Valencia. (*Disecado.*)

En un pequeño arroyo de Caracollera, que afluye al Valdeazogues, he visto trozos de galerías de un arvicola, y hasta traté de apoderarme de un individuo que escapó á nado, el que por su tamaño podia referirse á la especie de que se trata; pero existiendo en Portugal una especie descrita por el Sr. Barbosa de Bocage (*Arvicola Rozianus*), de la que no tengo más antecedentes, y cuya descripcion ignoro, no me atrevo á llevar adelante mis conjeturas..

XVIII. *Arvicola* (*Microtus*) *iberica*, Gerb.—Valencia: muy comun en el cáuce del Turia y en las huertas.

Esta especie, que proporcionó al difunto profesor de Valencia, Sr. Cisternas, quedó en su estudio pendiente de clasificacion, y recientemente deseando el ocuparme de ella, pedí datos al Sr. Lataste, quien, mientras me suministraba oportunas indicaciones, recibió uno de mis ejemplares, que á su vez fué remitido al distinguido zoólogo y especialista en mamíferos, el Sr. Z. Gerbe, quien lo habia descrito en 1852 (1) en vista de un solo ejemplar existente en el Museo de París, procedente de Murcia. Con este motivo dicho autor se propone ampliar su descripcion, pues aunque con posterioridad, habia recibido dos ejemplares más, de la misma procedencia, parece ser que estos no acabaron de llenar todos sus deseos, para dar por completo la Historia natural de la especie, que desde luego aparece aparentando bastante mayor tamaño que los varios individuos de Valencia, que he tenido entre mis manos.

---

(1) *Revue et Magasin de Zoologie. (Abril.)*

La especie es muy conocida entre los colonos de la huerta de Valencia con el nombre de *Talpó*, y le profesan una guerra á muerte, por los muchos daños que causa en sus cámpos, pues forma extensas galerías de profundidad y direccion muy distintas, segun las circunstancias del terreno en donde se establece: estas minas ofrecen una salida de trecho en trecho, por cuyo orificio saca los materiales removidos, que bien pronto la rodean y ocultan, formando los montoncitos que revelan su presencia en la localidad. Si se toman precauciones adecuadas, pueden seguirse dichas galerías en largo trecho, en una de sus derivaciones se encuentra la cama del animal, formada por materiales de plantas secas; y en la época de la cria, si el dueño de la galería es una hembra, se ve esta con tres ó cuatro pequeños. Los cultivos que prefieren son aquellos que, como los de la alcachofa y la alfalfa, sobre todo los campos de esta, no requieren labores de la tierra sino al cabo de tres ó cuatro años. Se les persigue colocando ballestas que se cruzan con la galería, de un modo tan disimulado é ingenioso, que ahorcan al animal al franquear el único paso que se le proporciona para seguir su camino: siendo esto una industria con la que se sostienen algunos cazadores, quienes reciben como retribucion tres cuartos por cabeza, con derecho á disponer de los animales, que se tienen como muy sabrosos. Al regar los campos por inundacion, si se observan las entradas de las madrigueras que conservan libres de la tierra removida, sin duda por ser las elegidas para entrar y salir á la superficie, se les suele ver escapar aturdidos y como ofuscados por la luz del sol. Yo los he observado al aire libre durante el crepúsculo de la tarde, corriendo con mucha ligereza por entre la alfalfa, confirmando estos hábitos nocturnos, el estudio de los productos que por vómito arrojan las lechuzas al principiar la digestion intestinal, pues entre otros materiales he encontrado las mandíbulas y otras partes esqueléticas pertenecientes á la especie que nos ocupa. Existe un ejemplar depositado en la Universidad de Valencia.

Los característicos montoncitos de tierra que indican la presencia de muchos de los arvícolas en la localidad que habitan,

los he visto abundantes en toda la region de Ciudad-Real á Badajoz, particularmente en el cáuce de los rios y en los prados naturales, habiendo adquirido un solo individuo del grupo *Microtus*, que dadas las dificultades que este género ofrece para su clasificacion, no he podido menos de remitirlo desde luego á París para su estudio; siendo de esperar que resulten varias las especies indígenas, segun la region, la altura y demás circunstancias que acompañan al *habitat* del grupo en otros paises de Europa.

XIX. *Eliomys nitela*, Schreb. Puebla de Rugat.—Despoblado de Caracollera (Rata careta). Don Benito y Alange (Badajoz) (Rata pia.) Durante el buen tiempo viven en el campo en madrigueras que excavan sobre la márgen de los campos altos, entre las raíces de las matas frondosas, y tambien en los montones de piedra que separan en los campos para su mejor cultivo. El invierno lo pasan aletargados juntos muchos individuos, para lo que invaden los chozos, pajares, casas, y cuantos sitios abrigados encuentran en el país, sin perdonar los pisos altos y tejados. Hay cinco ejemplares depositados en el Museo de Madrid, y uno en el Instituto de Ciudad-Real: el gabinete de Valencia lo tiene de Tabernes de Valldigna.

XX. *Sciurus vulgaris*, L.—Dehesa de la Albufera de Valencia. He visto un solo individuo ♀ muerto en el indicado bosque de pinos, en el que ya en 1869 eran muy escasos por lo mucho que se les ha perseguido. La Universidad de Valencia posee la especie de los pinares de Aras de Alpuente, limítrofes á la provincia de Cuenca, y en Barcelona ví de venta varios individuos que me dijeron que procedian de Falset.

XXI. *Lepus timidus*, L. Paterna, Buñol (Valencia). Despoblado de Caracollera. Esta especie, tan comun en España, es en muchos puntos de Ciudad-Real perseguida con el objeto principal de librar de sus estragos á las huertas y plantaciones lejanas de los pueblos.

XXII. *Lepus granatensis*, Schimp.—Puebla de Rugat; Almódovar del Campo (Ciudad-Real), Valsequillo (Córdoba), Don Alvaro (Badajoz). Cerca de los sembrados ó en ellos mismos, debajo de las cepas frondosas en el verano. El gabinete de la Universidad en Valencia la tiene de Turis.

XXIII. *Felix catus*, L. var. *ferus*.—Calet (Valencia.) Gabinete de la Universidad de Valencia.

XXIV. *Viverra genetta*, L.—Navajas (Castellon). Un ejemplar muerto por arma de fuego, cuya piel adquirí en dicho pueblo: la Universidad de Valencia posee individuos de Masanasa y Chiva.

XXV. *Canis lupus*, L.—Monasterio de Portaceli. Una ♀ y dos jóvenes en la Universidad de Valencia.

Las sierras inmediatas al Valle de la Alcudia en Ciudad-Real, están infestadas durante el invierno, atraidos por el gran número de ganados que de ambas Castillas bajan á pastar á dicho punto, que no ha mucho, era una sola dehesa de más de catorce leguas cuadradas, muy abrigada y provista de saludables aguas.

XXVI. *Vulpes vulgaris*, Wagn.—Buñol, Godella, Tabernes de Valldigna (Valencia), Argamasilla de Calatrava, (C. R.)

XXVII. *Mustela fuina*, L.—Ayelo de Malferit (Valencia). Me presentaron dos individuos cogidos con lazo, los que no compré por no poderme ocupar de ellos. (Vulgo *Fochina.*) La Universidad de Valencia posee un ejemplar de Jalón.

XXVIII. *Putorius vulgaris*, L.—Cuart de Poblet (Valencia). Aunque raros, por lo perseguidos, se ven algunos individuos en los sitios altos de las huertas regadas por el Turia, habiendo intentado, aunque en vano, de apoderarme de uno. En la Universidad existen hasta tres ejemplares cogidos en las inmediaciones de Valencia, y otro en Morella (Castellon).

XXIX. *Meles taxus*, Pallas.—Navajas. He poseido un ♂, cogido en su profunda madriguera practicada sobre un ribazo junto al cáuce del rio Palencia, y que no pudo montarse despues de haber sido desollado con tal objeto. En el Gabinete de Valencia se halla representado por un individuo ♀ de Sagunto.

XXX. *Lutra vulgaris*, Erxl.—El Palmás (Albufera de Valencia). Una ♀ que apareció ahogada por haberse enredado en una nasa de las que ponen para las anguilas, á las que sin duda habia ido á buscar. Esta especie es bastante comun, y cria en los cañaverales de aquel lago, en donde se la persigue mucho, ya por el daño que causa á la pesca, ya para vender

las pieles, que tienen algun aprecio para la confeccion de gorros y otras piezas de vestir. La Universidad de Valencia tiene dos ♀ de dicho lago de la Albufera. Algunas pieles que he visto en Ciudad-Real, me aseguran que proceden de la ribera del Guadiana, donde no son raros los *nutros*, como se les llama.

XXXI. *Monachus albiventer?* Bodd.—Islas Colubretes (Costa de Castellon). En uno de mis viajes á los mencionados islotes en busca de reptiles, pude enterarme por un marinero del falucho, que allá por el año de 1866, salió un lobo marino en aquellos parajes, el cual con sus voces tenia amedrentadas á las familias del personal del faro que allí existe, y á instancias de estas, determinaron organizar una excursion para matar el animal, como lo consiguieron, guiados por los gritos y á favor de la oscuridad. Encontrado sobre el islote denominado *la Fosadá*, lo trasladaron al cráter mayor sobre el que se encuentra el faro, en donde despues de satisfacer la natural curiosidad de sus habitantes, fué enterrado; logrando yo ver aún diferentes huesos bien característicos, entre los que elegí un femur, que deposité en la Universidad de Valencia. La circunstancia de citarse esta especie como del Mediterráneo, el volúmen de las piezas esqueléticas, y el nombre vulgar con que desde luego me lo dieron á conocer, hacen sospechar el que fuera la especie apuntada.

XXXII. *Cervus elaphus*, L.—Casas de la Retamosa (Ciudad-Real). Un individuo que me produjo gran susto al saltar de entre altas jaras á corta distancia de donde caminaba. Esta interesante localidad es una pequeña colonia establecida en un valle frente á la sierra de Caracollera, que ocupa el centro de un gran despoblado paralelo entre los montes de Toledo y las derivaciones septentrionales de Sierra-Morena, el que, como es sabido, en otro tiempo sirvió de zona central para los ganados, entre las avanzadas de los cristianos en el campo de Calatrava, y las huestes del Califato de Córdoba.

El extenso valle de la Alcudia forma tambien parte de esta region, que hoy sigue tan desierta é inculta como entonces, habiendo sitios muy recomendables para el naturalista, por encontrarse la mayor parte de nuestros mamíferos, que

forman la caza mayor y menor, entre una variada y exuberante vejetacion, sobre suelo pedregoso en general, y con muy diferentes orientaciones, añadiéndose el interés que le prestan numerosos manantiales, que por sí solos forman el Valdeazogues, tributario del Zajas.

Allí he procurado adquirir un ejemplar de la variedad de *Ciervo Usero* de que nos habla el Sr. Jimenez de la Espada; más aun cuando no se tiene como muy rara, hasta la fecha no la he podido conseguir.

XXXIII. *Capreolus europæus*, Brookes.—Chelva (Valencia). Mi familia recibió como regalo de Don Francisco Sanz de Peñalasia, un corzo vivo allá por el año 1858, cuya piel y pezuñas aún se han conservado. Hoy aún se encuentran en aquella provincia en los términos de Millares, Tous, Dosaguas y Enguera, que á lo quebrado del pais se añaden muchos sitios defendidos por la corriente torrencial del rio Jucar. Tambien en Caracollera y Almadenejos son comunes, pues sus carnes tienen poco aprecio, y se les persigue menos que á los ciervos, gamos y javalíes.

XXXIV. *Sus scrofa*, L.—Fontanosa (Ciudad-Real). Son varios los individuos que he tenido ocasion de ver al facturarlos en las estaciones de la línea de Ciudad-Real á Badajoz, desde Veredas á Belalcázar, pues llegan á doscientos ó trescientos los que anualmente se matan en la provincia dicha, que se distribuyen en diferentes poblaciones, segun lo permite el calor del tiempo. En los años secos, en los que los animales bajan hasta el Guadiana á beber, se les ha muerto cerca de la poblacion, cazándoles á la espera despues de conocida la pista.

XXXV. *Delphinus delphis*, L.—Costa de Valencia. Gabinete de la Universidad. Esta especie es comun en el puerto de Valencia, en donde se le ve formando pequeñas manadas, particularmente por las mañanas, que es la hora de entrada de los buques de vapor, detrás de los que van. Su presencia es la retirada de los aficionados á la pesca por medio de la caña, pues cuando hay delfines en la dársena, los peces permanecen en las madrigueras, segun dicen.

XXXVI. *Physeter turcio*, L.—Costa de Valencia. El Gabi-

nete de la Universidad de Valencia posee un individuo ♂ y un esqueleto.

XXXVII. *Balænoptera musculus*, L.—La Universidad de Valencia conserva un esqueleto completo de un individuo que apareció muerto en 1864 en las aguas del golfo de Valencia. Fué descubierto por los marineros de una pareja de barcas de las que se emplean en la pesca de arrastre denominada del *bou* observando al amanecer en el horizonte un gran bulto, que tomaron por un buque náufrago; pero bien pronto cambiaron de opinion al ver volar á su alrededor gran número de gaviotas y otras aves, así como determinados peces voraces que nadaban muy cerca de la superficie. Cerciorados de lo que era, determinaron pasar á la capital á dar aviso y ofrecer el descubrimiento para la Universidad; habiendo salido al dia siguiente con un remolcador del puerto, el catedrático de aquel Instituto D. José Arigo, quien con su actividad y celo consiguió sacar el animal en la playa de Burriana, procediendo antes á su division en trozos, con el objeto de aislar los huesos. Desgraciadamente no pudo ocuparse en el estudio de las partes blandas, como era su propósito, por impedirlo el estado de putrefaccion adelantada en que se encontraba el cetáceo.

VARIEDADES.

Real Academia de Ciencias. *Nombramiento de Señores Académicos.*—Por fallecimiento del Excmo. Sr. D. Vicente Santiago Masarnau, ha sido elegido Académico numerario en la Seccion de Ciencias Físicas, el Sr. D. Gabriel de la Puerta y Ródenas, en sesion de 10 de Marzo de 1880. En la sesion del 17 de Diciembre de 1879, fué nombrado Académico corresponsal nacional de la misma el Sr. D. Eduardo Benot, teniendo en cuenta sus méritos y trabajos científicos.

En la de 28 de Enero de 1880, fueron elegidos tambien Académicos corresponsales extranjeros, Mr. Francois Perrier, miembro del *Bureau des longitudes*, comandante de E. M. del ejército francés, y jefe de la Comision encargada de revisar, rectificar y prolongar los trabajos geodésicos de la Carta de Francia, y Mr. N. Breithof, ingeniero de minas, profesor de Geometría superior y de Geometría descriptiva en la Universidad de Lovaina.

Fallecimiento de Señores Académicos.—Además de la pérdida indicada antes, del Académico numerario, Excmo. Sr. D. Vicente Santiago Masarnau, ocurrida en 20 de Diciembre de 1879, ha fallecido el Académico corresponsal extrangero, Mr. Francois Léonce Reynaud, en 14 de Febrero de 1880.

Premios.—En el concurso abierto por esta Real Academia, cuyo plazo terminó en 31 de Diciembre de 1879, se han presentado las siguientes Memorias.

Para el primer premio relativo al tema: «El Algebra histórica y críti»camente considerada, etc.,» se ha presentado una sola Memoria, en la misma fecha de 31 de Diciembre, con el lema:

«*Avancez et la fois vous viendra.*»

Para el segundo no se ha presentado Memoria alguna.

Para el tercero, relativo al «Estudio y exposicion de las causas que de»terminan la heteromórfosis de los individuos de una misma especie, etc.,» se ha presentado tambien con la misma fecha de 31 de Diciembre otra Memoria, cuyo lema es:

«*Alle Gestalten sind ahnliche und keine gleicht der andere:*» (Todas las formas se parecen, y ninguna es igual á otra): Goëthe.

Las Memorias presentadas quedan sometidas desde luego á exámen de la Academia, publicándose oportunamente el fallo definitivo.

PREMIOS PARA 1881.

Artículo 1.° La Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales abre concurso público para adjudicar tres premios á los autores de las Memorias que desempeñen satisfactoriamente, á juicio de la misma Corporacion, los temas siguientes:

I.

«*Las Matemáticas en España durante los siglos XVIII y XIX. Exá-*»*men crítico, razonado y descriptivo de las principales obras escritas en* »*este tiempo sobre la teoría y las aplicaciones más importantes de las* »*mismas Ciencias. Disposiciones civiles dictadas en tan larga época, y* »*esfuerzos individuales hechos para difundir su conocimiento y aclima-*»*tar su estudio en nuestro país.*»

II.

«*Estudio sobre las relaciones del orígen del calor, luz y electricidad.*»

III.

«*Descripcion de los minerales adecuados para la fabricacion del vidrio* »*y de la porcelana. Diversas localidades en España donde se encuentran;* »*su yacimiento; puntos donde deben situarse con mas ventaja; fábricas* »*para su aprovechamiento. Acompañarán á la Memoria muestras de los* »*minerales con su análisis.*»

2.° Los premios que se ofrecen y adjudicarán, conforme lo merezcan las Memorias presentadas, serán de tres clases: *premio* propiamente dicho, *accesit* y *mencion honorífica*.

3.° El *premio* consistirá en un diploma especial en que conste su adjudicacion; una medalla de oro, de 60 gramos de peso, exornada con el sello y lema de la Academia, que en sesion pública entregará el Sr. Presidente de la Corporacion á quien le hubiese merecido y obtenido, ó á persona que le represente; retribucion pecuniaria al mismo autor ó concurrente premiado de 1.500 pesetas; impresion por cuenta de la Academia, en la Coleccion de sus Memorias, de la que hubiere sido laureada; y entrega, cuando esto se verifique, de 100 ejemplares al autor.

4.° El *premio* se adjudicará á las Memorias que no solo se distingan por su relevante mérito científico, sino tambien por el órden y método de exposicion de materias y redaccion bastante esmerada, para que desde luego pueda procederse á su publicacion.

5.° El *accesit* consistirá en diploma y medalla iguales á los del *premio* y adjudicados del mismo modo; y en la impresion de la Memoria coleccionada con las de la Academia y entrega de los mismos 100 ejemplares al autor.

6.° El *accesit* se adjudicará á las Memorias poco inferiores en mérito á las premiadas, y que versen sobre los mismos temas: ó, á falta de término superior con que compararlas, á las que reunan condiciones científicas y literarias aproximadas, á juicio de la Corporacion, á las impuestas para la adjudicacion ú obtencion del premio.

7.° La *mencion honorífica* se hará en un diploma especial, análogo á los de

premio y *accesit*, que se entregará tambien en sesion pública al autor ó concurrente agraciado, ó á persona que le represente.

8.° La mencion honorífica se hará de aquellas Memorias verdaderamente notables por algun concepto, pero que, por no estar exentas de lunares é imperfecciones, ni redactadas con el debido esmero y necesaria claridad para proceder inmediatamente á su publicacion por cuenta y bajo la responsabilidad de la Academia, no se consideren dignas de *premio* ni de *accesit*.

9.° El concurso quedará abierto desde el dia de la publicacion de este Programa en la Gaceta de Madrid, y cerrado en 31 de diciembre de 1881, hasta cuyo dia se recibirán en la Secretaría de la Academia cuantas Memorias se presenten.

10. Podrán optar al concurso todos los que presenten Memorias que satisfagan á las condiciones aquí establecidas, sean nacionales ó estranjeros, excepto los individuos numerarios de esta Corporacion.

11. Las Memorias habrán de estar escritas en castellano ó latin.

12. Las Memorias que se presenten optando á premio se entregarán en la Secretaría de la Academia, dentro del plazo señalado en el anuncio de convocatoria al concurso, y en pliegos cerrados, sin firma ni indicacion del nombre del autor, pero con un lema perfectamente legible en el sobre ó cubierta, que sirva para diferenciarlas unas de otras. El mismo lema de la Memoria deberá ponerse en el sobre de otro pliego, tambien cerrado, dentro del cual constarán el nombre del autor y las señas de su domicilio ó paradero.

13. De las Memorias ó pliegos cerrados el Secretario de la Academia dará á la persona que los presente y entregue un recibo, en que consten el lema que los distingue y el número de órden de su presentacion.

14. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *premio* ó *accesit*, se abrirán en la sesion en que se hubiese acordado otorgar á sus autores una ú otra distincion y recompensa; y el Sr. Presidente proclamará los nombres de los autores laureados en aquellos pliegos contenidos.

15. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *mencion honorífica*, no se abrirán hasta que sus autores, conformándose con la decision de la Academia, concedan su beneplácito para ello. Para obtenerle se publicarán en la Gaceta de Madrid los lemas de las Memorias en este último concepto premiadas; y, en el improrogable término de dos meses, los autores respectivos presentarán en Secretaría el recibo que de la misma dependencia obtuvieron como concurrentes al certámen, y otorgarán por escrito la vénia que se les pide para dar publicidad á sus nombres. Trascurridos los dos meses de plazo que para llenar esta formalidad se conceden, sin que nadie se dé por aludido, la Academia entenderá que los autores de aquellas Memorias renuncian á la honrosa distincion que legítimamente les corresponde.

16. Los pliegos que contengan los nombres de los autores no premiados ni con *premio* propiamente dicho, ni con *accesit*, ni con *mencion honorífica*, se quemarán en la misma sesion en que la absoluta falta de mérito de las Memorias respectivas se hubiese decidido. Lo mismo se hará con los pliegos correspondientes á las Memorias agraciadas con *mencion honorífica*, cuando en los dos meses de que trata la regla anterior, los autores no hubiesen concedido permiso para abrirlos.

17. Las Memorias originales, premiadas ó no premiadas, pertenecen á la Academia, y no se devolverán á sus autores. Lo que, por acuerdo especial de la Corporacion, podrá devolvérseles, con las formalidades necesarias, serán los comprobantes del asunto en aquellas Memorias tratado: como modelos de construccion, atlas ó dibujos complicados de reproduccion difícil, colecciones de objetos naturales, etc. Presentando en Secretaría el resguardo que de la misma dependencia recibieron al depositar en ella sus trabajos como concurrentes al certámen, obtendrán permiso los autores para sacar una copia de las *Memorias* que respectivamente les correspondan.

El Secretario perpétuo, *Antonio Aguilar y Vela.*

---

31 MAR 1886
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

El Determinismo mécanico y la Libertad moral. (*Continuacion.*)..... 65

CIENCIAS FISICAS.

De la Electrólisis cuantitativa del azogue y del cobre 78
Progresos de la telegrafía eléctrica.—Trasmision simultánea..... 100

CIENCIAS NATURALES.

El cráneo de Descartes..... 109
Apuntes para la fauna mastológica de España, por D. Eduardo Boscá, catedrático de Historia natural en el Instituto de Ciudad-Real..... 112

VARIEDADES.

Fallecimiento del Excmo. Sr. D. Vicente Santiago Masarnau..... 125
Id. de un Sr. Académico corresponsal..... Id.
Eleccion de Académicos nuevamente nombrados..... Id.
Premios para 1879..... Id.
Id. para 1881..... Id.

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 3.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO,—PONTEJOS, 8.

1880.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y qu se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaz de la Villa, núm. 2, piso principal.

	Rústica.
Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales: tomo 1.°—Ciencias naturales.	50 rs
Id. id.: tomo 2.°, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte	20
Id. id.: tomo 3.°—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 4.°—Ciencias naturales.	50
Id. id.: tomo 5.°, parte 1.ª—Ciencias naturales.	20
Id. id.: tomo 6.°—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 7.°—Ciencias exactas.	50
Id. id.: tomo 8.°—Ciencias naturales.	50
Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales: 20 tomos, cada uno.	24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año.	24
Id. en provincias, 4 id. id.	30
Id. en el extranjero, un año.	36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA,

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales, y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 100 rs. cada uno.

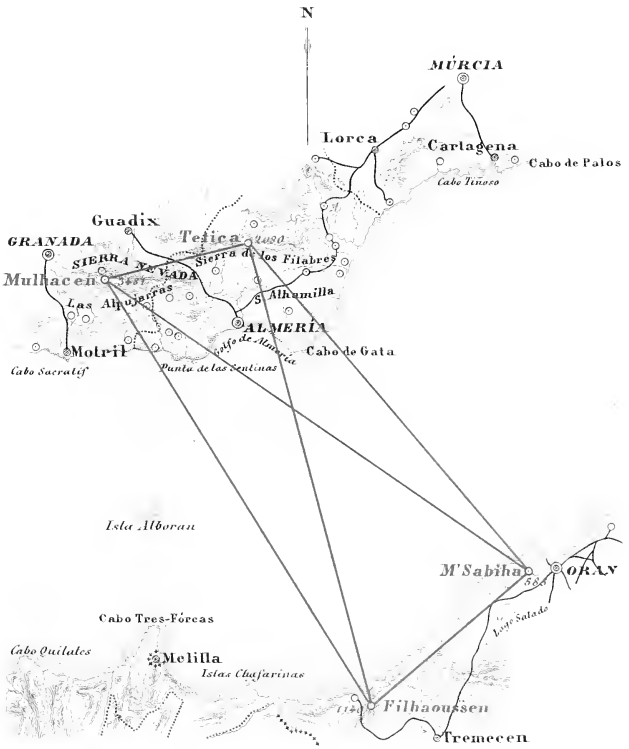
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ENLACE GEODÉSICO Y ASTRONÓMICO

DE

EUROPA Y ÁFRICA.

1879.



Escala 1:4000000

Lit. del Instituto Geográfico y Estadístico.

CIENCIAS EXACTAS.

ENLACE GEODÉSICO Y ASTRONÓMICO DE EUROPA Y ÁFRICA.

Primera operacion. — Enlace geodésico.

I.

El problema fundamental de la Geodesia, concerniente á la determinacion de la forma general, dimensiones y principales irregularidades de nuestro planeta, acaba de recibir inesperado é importante impulso, destinado á ejercer eficaz influencia en su resolucion definitiva, mediante el enlace geodésico y astronómico de las redes trigonométricas, española y argelina, separadas hasta hoy por una distancia inmensa, y como abismo imposible de franquear. Merced á tan vasta y difícil operacion científica, llevada á dichoso término en el último otoño por los geodestas y astrónomo del Instituto Geográfico y Estadístico español y los del Ministerio de la Guerra de Francia, permitido es ya calcular el mayor de los arcos de meridiano hasta el dia trazados sobre el globo terráqueo, entre las islas Shetland, al N. de Escocia, y el límite septentrional del Desierto de Sahara: obra verdaderamente monumental, y resultado imperecedero de la paz y concordia existentes entre las naciones civilizadas, en cuya ejecucion

figurarán por partes iguales, de inteligencia, de trabajo y de gloria, Inglaterra, Francia y España.

De tan extraordinario trabajo científico, ejecutado en representacion de nuestra patria por su Instituto Geográfico y Estadístico, y que, para mayor claridad, desde luégo debe considerarse descompuesto en dos partes distintas, relativa una al enlace ó empalme geométrico de las dos redes mencionadas, y otra á la comprobacion astronómica de la exacta correspondencia de ambas triangulaciones, de los continentes europeo y africano, tuve oportunamente la honra, y cumplí de paso el deber, de dar verbalmente cuenta somera á la Academia. Y me apresuré á darla, no por alarde mezquino de vanidad; sino porque creí entónces que á mí, como académico, y Director del mismo Instituto, me correspondia, con mejor derecho que á nadie, enterar á la Corporacion de lo ocurrido y conseguido en este asunto: y, muy principalmente, porque, no habiendo tomado yo parte alguna en las observaciones geodésicas y astronómicas, me encontraba en situacion completamente desembarazada para calificarlas en los términos lisonjeros que merecen, procediendo con estricta imparcialidad; y para tributar á los Jefes, especialmente encargados de las dos distintas, aunque inseparables, operaciones referidas; á los geodestas que los acompañaron y secundaron en sus trabajos; y al personal auxiliar subalterno á sus órdenes, no por humilde, ménos digno de aprecio y recuerdo, los justos elogios á que se hicieron todos acreedores.

De la operacion propiamente geodésica advertí á la Academia, para legítima satisfaccion suya, que habia sido Jefe uno de sus indivíduos: el coronel D. Joaquin Barraquer, del Cuerpo de Ingenieros, agregado, muchos años há, al Instituto Geográfico y Estadístico. Y de la astronómica otro compañero nuestro, parecidamente: D. Miguel Merino, primer astrónomo del Observatorio de Madrid, y astrónomo tambien del mismo Instituto. — El primero de estos dos señores, por lo reciente de su nombramiento, no ha tomado posesion todavía de su honroso cargo de académico numerario; y por eso yo, con evidente y lamentable desventaja, me encargué de reseñar los trabajos por él dirigidos en totalidad, y en mucha parte

personalmente efectuados. Pero el segundo asistia á la sesion en que de este asunto se trataba; é, instado por mí, se prestó, no sin alguna vacilacion, á enterar á la Academia de lo hecho por él y por el reducido personal, que de su direccion y voluntad científica habia dependido en la última campaña.

Terminadas ambas reseñas orales, el Sr. Presidente de la Academia nos invitó, al Sr. Merino y á mí, á redactar, por separado, dos sucintas notas de los trabajos astronómicos y geométricos realizados en las sierras andaluzas para establecer su enlace geodésico con los montes argelinos: notas que deberian publicarse en la Revista de los Progresos de las Ciencias, como fragmentos del acta de tan memorable sesion, y medio de perpetuar el recuerdo de la gloriosa empresa científica, en que tanta y tan buena parte ha tomado España.

Cumplo, pues, los deseos del Sr. Presidente, á los que se asoció unánime y generosa la Academia, presentando hoy estos apuntes de actualidad, ínterin los centros geodésicos de España y Francia, que han intervenido en la ejecucion de la obra comun á que se refieren, publican detalladamente cuanto han hecho para llevarla á cabo.

II.

Desde que Delambre, Méchain, Biot y Arago, al finalizar el pasado siglo y en los albores del corriente, midieron el arco de meridiano comprendido entre Dunkerque y nuestra isla de Formentera, acariciábase la esperanza y se alimentaba el deseo de prolongar algun dia aquel arco, ya de considerable amplitud, hasta el territorio africano. Pero la dificultad de producir intensos focos de luz, y de establecerlos en las cumbres de las montañas, de manera que desde muy léjos pudieran enfilarse, y observarse por algun tiempo, ha sido en lo que va de siglo punto ménos que insuperable; y, sin esta condicion prévia, por imposible debia tenerse cruzar el Mediterráneo con algunos triángulos geodésicos, y desde las costas españolas lanzarse y pasar, como de brinco gigantesco, á las argelinas, relacionando así los paralelos de latitud muy elevados, con los que rápidamente avanzan y han de pro-

gresar hácia el corazon del Africa. Por eso las tentativas hechas, por los años de 1858, tanto por mí, como por los coroneles franceses, Sres. Laussedat, de Ingenieros, y Sevret, de E. M., para estudiar y preparar la operacion recientemente concluida, no dieron resultado alguno satisfactorio, por más que de la posibilidad de realizarla no cupiera nunca duda, gracias á las noticias facilitadas por los geodestas españoles, apostados en sitios favorables, y que, desde las cimas de las empinadas cordilleras andaluzas, lograron en diversas ocasiones, aunque siempre inesperadamente y como por casualidad, divisar con sus anteojos los cerros lejanos de la Argelia.

Miéntras esto sucedia, los trabajos geodésicos de la triangulacion española se multiplicaban y extendian rápidamente, y eran ventajosamente calificados por el mundo científico. La cadena geodésica, ceñida á nuestra costa oriental, desde la frontera de Francia al cabo de San Antonio, proyectada y observada en otro tiempo por tres de los astrónomos franceses, poco ántes mencionados, se rehacia y rectificaba por los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, pertenecientes á los Cuerpos facultativos de Artillería, Ingenieros y Estado Mayor, y se prolongaba hasta la misma Sierra Nevada: con lo cual al arco de meridiano anglo-franco-español, especie de compás enorme, destinado á medir la Tierra, aportábamos un contingente nacional de 800 kilómetros de extension. Y al propio tiempo que así se procedia, se estudiaban y precisaban los vértices que, como cimientos inconmovibles, habian de servir más adelante para apoyar los triángulos geodésicos, tendidos sobre el Mediterráneo, entre España y Africa, á guisa de inmensos tableros de puente, para pasar de una orilla á otra.

Por su parte, como fácilmente puede suponerse y es casi inútil advertirlo, el Gobierno frances no daba tampoco al olvido las gloriosas tradiciones científicas, que constituyen la riqueza mejor ganada y el título de gloria más envidiable de la nacion vecina. Y, estimulado por el ejemplo de España, el Ministerio de la Guerra de Francia enviaba sus geodestas á la Argelia, para que allí proyectasen y observasen una red de

triángulos, que cubriera con sus mallas el territorio de aquella vasta region, desde la costa y linde septentrional hasta las arenas del Desierto.—Ambas triangulaciones fronterizas, efectuadas con elementos de trabajo de primer órden, y por observadores de los dos países, que unos con otros compiten en ciencia y experiencia, se hallaban ya terminadas, ó muy adelantadas, tiempo há; y, para poderlas utilizar en la resolucion del gran problema de la figura y verdaderas dimensiones de la Tierra, sólo faltaba empalmarlas una con otra, forjando el colosal eslabon que habia de reunirlas, y de completar la nueva cadena meridiana, desbaratada por las olas y brumas del Mediterráneo. Y esto es lo que se ha intentado hacer en la última campaña, y lo que se ha conseguido, aunque tras larga y angustiosa lucha, con providencial fortuna.

III.

Que el pensamiento de reunir ó eslabonar las triangulaciones de ambos continentes, europeo y africano, y de facilitar á los sabios geómetras del primero más amplio campo donde desenvolver sus facultades intelectuales, y ejercitar su infatigable actividad, data de muchos años atras, y no ha cesado de agitarse y estudiarse incesantemente, pruébalo el hecho siguiente, que me permito recordar á la Academia, por su significacion honrosa para España.

Por excitacion del ilustre general prusiano Baeyer, creóse hácia el año 1860 una modesta *Asociacion* científica, con el objeto exclusivo, por de pronto al ménos, de fomentar la mensuracion de un arco de meridiano en la Europa Central, desde Cristiania á Palermo. Comisionado yo por nuestro Gobierno, asistí por entónces á una de las sesiones de la naciente Asociacion; y, autorizado para ello, ofrecí el concurso de nuestra patria, no para la medicion del arco comprendido entre aquellas dos distantes poblaciones, sino para contribuir á la rectificacion y prolongacion del otro arco occidental, más amplio todavía, y de justa celebridad histórica, limitado al N. por las islas Shetland, y al S. por el Desierto de Sahara: á condicion, bien entendido, de que el Gobierno frances

cooperase por su parte en la obra comun, imposible de realizar de lo contrario.

El entusiasmo que mis palabras produjeron en aquella docta Asamblea no es para descrito. Aceptáronse con júbilo las ofertas inesperadas del Gobierno español. Y como el ejemplo por nosotros dado se hiciese contagioso, y, á continuacion de España, se brindasen tambien Rusia, Francia y Portugal á contribuir eficazmente á la medicion y estudio geodésico de la superficie de la Tierra, en la parte que legítimamente y sin violencia pudiera corresponderles, la primitiva Asociacion de geodestas, principalmente suecos, alemanes é italianos, cambió muy pronto de carácter, y áun de título ó nombre, y se convirtió en la actual *Asociacion Geodésica Internacional para la medicion de arcos de meridiano y de paralelo en Europa.* Si de esta Asociacion recibí yo más tarde pruebas de afecto inolvidables, y la honrosa distincion de presidirla, entiéndase bien, como yo siempre lo he creido, que no á la persona en quien recaian eran tributadas en realidad, sino á la nacion á quien primitivamente habia representado, y continuaba representando luégo, sin verdaderos merecimientos científicos para ello.

IV.

Las buenas relaciones, entabladas por el que suscribe, como Presidente de la Asociacion Internacional mencionada, con el teniente coronel de Estado Mayor, Sr. Perrier, delegado del gobierno frances en la misma asamblea científica, contribuyeron eficazmente á la realizacion del proyecto de empalme de las triangulaciones española y argelina: ¡proyecto generoso, como adormecido y abandonado por tantos años!—El Sr. Perrier, durante sus campañas geodésicas en la Argelia, habia repetidas veces columbrado las cimas de nuestras cordilleras y serranías; aunque, con perfecta distincion, sólo tenia, ántes del año 1878, completa seguridad de haber enfilado el picacho de Mulhacen: el más erguido y soberbio de toda la Península ibérica. Y si este vértice se descubria desde las humildes derivaciones del Atlas, por imposible juzgué yo que, con paciencia, no se lograse descubrir desde allí el otro vértice es-

pañol, y pico notabilísimo por su elevacion y figura, situado en la provincia de Almería, á 82 kilómetros de Mulhacen, y denominado la Tetica de Bacáres. Uniendo estos dos vértices entre sí, y con los de la triangulacion argelina, denominados de M'Sabiha, cerca de Oran, y de Filhaoussen, inmediato á la frontera marroquí, propuestos por el Sr. Perrier, y, aunque mucho ménos elevados, de situacion excelente, se formaba el cuadrilátero, que la figura adjunta representa, y una con otra quedaban afianzadas ambas triangulaciones: la europea, de los tiempos pasados, con la africana, del porvenir.

Pero ¿no sería insensatez lanzarse á la obra, sin adquirir ántes prueba plena de que no era sueño irrealizable el proyecto en los precedentes compendiosos términos formulado?—Así lo pensamos el Sr. Perrier y yo. Y para saber á qué atenernos, en el verano de 1878 dispusimos un reconocimiento del terreno, sin más aparatos auxiliares que buenos anteojos de campo, los heliotropos ordinarios para la reflexion y emision de la luz solar, y pequeños goniómetros para la medicion aproximada de los ángulos insistentes en los cuatro vértices mencionados, si desde cualquiera de ellos se lograba descubrir ó vislumbrar dos cualesquiera de los otros, ó los tres simultáneamente, por inesperada fortuna.

De este penoso y deslucido trabajo se encargó en España el coronel de Estado Mayor D. Fernando Monet, curtido en tan honrosas lides; y en la Argelia los capitanes franceses, Sres. Derrien y Koszutski: y en dos meses de ruda faena adquirieron, y nos transmitieron, la seguridad de que la operacion proyectada era factible, aunque no, sin imprudencia ó temeridad, con los demasiado pobres elementos de observacion, de que ellos habian dispuesto. Los reflejos heliotrópicos se vieron, sí, recíprocamente, desde España y Africa; pero se vieron como relámpagos fugaces, trémulos é indecisos, que apénas daban tiempo para fijar las direcciones de donde procedian, sin error de apreciacion bastante considerable.—Mucho se habia conseguido con lo hecho; pero faltaba todavía madurar muy despacio y con tino lo que faltaba por hacer.

V.

Nada definitivo, sin embargo, podia emprenderse miéntras los dos Gobiernos de Francia y de España no se pusieran entre sí de acuerdo, y entablasen las relaciones amistosas, de carácter científico y administrativo, que la ejecucion de la obra demandaba. Con este objeto me dirigí yo al Sr. Ministro de Fomento; le expuse el estado de la cuestion, y sus antecedentes y consecuencias honrosas para nuestro país; y respetuosamente le supliqué interpusiese su influencia y valimiento para que no se malograse en ciérnes la empresa mencionada, y ya con prolijidad en las anteriores líneas definida. Y, á excitacion entusiasta suya, el Gobierno de S. M. invitó al de la vecina República, por conducto de nuestro Embajador en París, con fecha 6 de Febrero de 1879, á cooperar en aquella obra: invitacion á que el segundo Gobierno contestó, el 17 de Marzo, aceptando como bueno el pensamiento que se le habia propuesto, y designando al Sr. Perrier para que se concertase conmigo, decidiésemos juntos el programa detallado de la operacion, y preparásemos cuanto nos pareciera necesario, en personal y material, para emprenderla y llevarla á cabo, á la mayor brevedad posible.

Laboriosos por extremo fueron los estudios y planes hechos, y discusiones habidas con el Sr. Perrier por el que suscribe: primero, por escrito, en activa correspondencia científica, sostenida durante los meses de Abril y Mayo; y de palabra, luégo, en París, á donde creí necesario trasladarme, para dar mayor impulso á los trabajos preparatorios, acompañado de los Sres. Merino, Barraquer, Lopez Puigcerver y Estéban: astrónomo aquél, y geodestas los demas, del Instituto Geográfico y Estadístico. Los principales acuerdos adoptados, durante mi breve estancia en París, á mediados del mes de Junio, fueron, en suma, los siguientes:

1.º Las observaciones geodésicas y astronómicas se harian en España por los españoles, y por los franceses en la Argelia, sin cambio recíproco de unos por otros: y esto, no sólo por cuestion de dignidad, y por merecerse todos mútua-

mente ilimitada confianza, sino porque, de lo contrario, no podria terminar la operacion en una sola campaña, ni tal vez nunca.

2.° Por el mismo poderoso y último motivo, los observadores deberían distribuirse desde luégo en los cuatro vértices, y trabajar simultánea, y no sucesivamente, desde ellos: disponiendo las cosas de manera que así fuera factible proceder, sin daño ó error en los resultados.

3.° Con las señales heliotrópicas, durante el dia, de muy difícil y muy cuestionable visibilidad, segun el reconocimiento del terreno, en el verano anterior, habia demostrado, se combinarian, por la noche, otras señales luminosas, producidas por lámparas de petróleo y lámparas eléctricas, establecidas en los focos de grandes reflectores, y convenientemente dirigidas de unos vértices á otros.—Para la produccion de la electricidad se convino, despues de largas discusiones y de pensarlo muy despacio, en emplear los generadores electro-magnéticos de Gramme, movidos por pequeñas máquinas de vapor, de tres caballos de fuerza.

4.° Asimismo se decidió que los goniómetros de precision fuesen iguales en los cuatro vértices, y construidos, con la habilidad y conciencia artística que tanto les distingue, por los hermanos Brunner, de París. É iguales tambien debian ser los aparatos de produccion y emision de las luces de petróleo y eléctricas; y, en lo posible, hasta los demas aparatos accesorios que, en combinacion con los goniómetros, se empleasen.

Y 5.° Terminadas las operaciones geodésicas, si á tanto llegaba nuestra buena suerte, se intentaría tambien realizar el enlace astronómico de las dos triangulaciones, pospuesto, por de pronto, para no complicar demasiado la primera operacion, y por no comprometer el éxito de la jornada con la acumulacion excesiva de material y personal en los mismos vértices. La operacion astronómica, por estas varias consideraciones diferida, debia comprender la determinacion de la diferencia de longitudes geográficas entre M'Sabiha y Tetica; de las latitudes de ambos vértices; y de dos azimutes en las triangulaciones á que corresponden.—En la nota, cuya redaccion le

ha encomendado la Academia, cuidará el Sr. Merino de referirnos lo hecho por él, y por el personal á sus órdenes, en consecuencia del último acuerdo. La Academia nada perderá porque prescinda yo de tratar por completo de este asunto.

VI.

Adoptadas las disposiciones preparatorias que dejo enumeradas, procedióse sin pérdida de tiempo á la adquisicion del material de campaña, y designacion del personal, que debia encargarse de su manejo y buen empleo.

Para los trabajos geodésicos pusiéronse, por parte de España, á las inmediatas órdenes del Sr. Barraquer, el comandante de E. M. D. Vicente Lopez Puigcerver, el capitan de Ingenieros D. Juan Borrés, y los tenientes de Artillería don Príamo Cebrian y D. Clodoaldo Piñal, agregados todos al Instituto Geográfico y Estadístico. Y, en representacion de Francia, se encargaron de observar en la Argelia, á las órdenes ó bajo la direccion del Sr. Perrier, los capitanes de E. M., señores Bassot, Defforges y Derrien, y el de Ingenieros, señor Sever, geodestas de su ministerio de la Guerra.

Á cada uno de los cuatro vértices que debian relacionarse trigonométricamente se destinaron: una máquina de vapor de tres caballos de fuerza, susceptible de armarse y desmontarse con facilidad relativa, procedente de los talleres de los Sres. Weyler y Richmond, de París; dos máquinas del sistema Gramme, construidas, una, por el Sr. Breguet, y otra por el Sr. Lemonnier, de la misma localidad citada; un gran reflector, de $0^m,50$ de diámetro, ideado por el teniente coronel de Ingenieros, Sr. Mangin, y destinado á reflejar la luz que se produjese en su foco; dos aparatos portátiles del mismo autor, provistos de lentes plano-convexas, de $0^m,20$ de diámetro, para sustituir, en caso de necesidad, al reflector precedente, y emitir por refraccion, hácia los vértices fronterizos, las señales luminosas, producidas en el de su instalacion; dos reguladores Serrin, para la produccion, y entretenimiento constante, en los focos de los reflectores ó refractores mencionados, de la luz eléctrica dimanada de las máquinas Gram-

me; y un gran círculo azimutal reiterador, provisto de cuatro microscopios micrométricos y de un anteojo recto, de considerable fuerza óptica, y provisto de ocular micrométrico tambien, apropiado á la medicion de los ángulos: obra maestra de los artistas ya citados, hermanos Emilio y Leon Brunner.

Dos meses ántes de salir de París el material referido, con los demas accesorios que es fácil suponer, y que por brevedad no se mencionan, despaché desde Madrid al capitan de Ingenieros D. Juan Borres, con los auxiliares necesarios, para que en Tetica y en Mulhacen proyectase y construyese las barracas y abrigos indispensables para albergar, con seguridad y cierta comodidad, el personal numeroso que en aquellos puntos debia estacionarse, y cobijar los instrumentos y cargas destinados al servicio de las estaciones. Y al mismo inteligente explorador del terreno le confié el difícil encargo de estudiar el modo mejor de subir á lo alto de las Sierras Nevada y de los Filábres, el voluminoso, pesado y delicadísimo material de observacion.

Previos reconocimientos minuciosos, y dando pruebas de gran energía de espíritu y de actividad inquebrantable, el capitan Borres concluyó por trazar y construir caminos practicables de montaña, por los cuales, aunque luchando siempre con tropiezos inesperados y dificultades de gran monta, se consiguió más tarde conducir, y como izar, hasta la cumbre de Tetica, y á la mucho más agreste y levantada de Mulhacen, el bagaje científico enorme, que en ambos vértices era menester tratar de utilizar. Cuántas y de qué especie serían estas dificultades, indícalo sobradamente el hecho de haber sido necesarios diez y ocho dias de marcha, para elevarse á lo alto de Mulhacen desde la inmediata ciudad de Granada, utilizando en tan terrible jornada todas las horas de sol, y acampando por la noche entre las breñas, en el sitio donde la oscuridad sorprendia á los conductores de aquel extraño convoy, compuesto de larga fila de carretas, arrastradas por bueyes.

Los rústicos albergues de tosca mampostería, mal trabada con barro, cal y arena, con puertas y ventanas de madera, y techos de pizarra, construidos bajo la direccion del capitan

Borres, en ambos picos, y destinados á servir de precioso refugio á los observadores y auxiliares suyos, reunian todas las condiciones de resistencia y comodidad asequibles en aquellas altitudes, respectivamente de 2.080 y 3.481 metros.—En punto á comodidad, sin embargo, los geodestas franceses llevaban á los españoles gran ventaja: como que los cerros argelinos donde acampaban, de Filhaoussen y de M'Sabiha, se elevan por junto, respectivamente, 1.140 y 585 metros sobre el nivel del mar.

VII.

Á pesar de los obstáculos que entorpecieron la conduccion del material desde París á Madrid, su distribucion aquí en dos partes iguales, remision á Mulhacen y Tetica, é instalacion en estos vértices, á fines del mes de Agosto todo estaba pronto para comenzar las operaciones, y los observadores en sus puestos: Barraquer, Borres y Cebrian, en el primero; y, en el segundo, Lopez Puigcerver y Piñal. Los aparatos habian llegado sin detrimento; las máquinas de vapor funcionaban sin dificultad; y las de Gramme, despues de sometidas á escrupuloso reconocimiento, y de remediadas en ellas algunos pequeños desperfectos, producian verdaderos torrentes de electricidad y focos de luz intensísima. En los últimos dias de aquel mes, poseidos jefes y auxiliares de actividad febril, y penetrados profundamente del sentimiento de su deber, hicieron lo que, á sangre fria y en circunstancias ordinarias, no es posible hacer, y necesité yo ver, para convencerme de que hubieran podido realizarlo.

Y á verlo fuí á Mulhacen, como punto de mayor peligro, por si mi presencia allí hubiera sido en cualquier concepto necesaria, é impulsado ademas por la ambicion científica de escribir, en los cuadernos de campaña tan memorable, algunas observaciones propias, hechas desde la cumbre altísima de la Alpujarra: mas ni mi cooperacion personal y auxilio moral se necesitaban, ni pude satisfacer tampoco el disculpable deseo, que constituia el segundo objeto de mi viaje. Tan pronto como llegué á la cima de la cordillera, el 1.° de Setiembre, desatóse un temporal furioso de aguas, vientos y

nieves; oscurecióse por completo el horizonte; descendió á 10 bajo cero el termómetro centígrado; y todo quedó paralizado. Con algunos ratos de bonanza, tres dias permanecimos así, sin poder hacer más que rectificar la situacion de los aparatos, poner en movimiento las máquinas, producir la luz eléctrica, y simular y ensayar el trabajo futuro de observacion, en la prevision de cuantas contingencias pudieran, por diversidad de motivos, presentarse.

A los tres dias de estancia en aquellos lugares, tuve con harto dolor que abandonarlos, para trasladarme á la ciudad de Ginebra, donde muy en breve debia reunirse bajo mi presidencia la Asociacion Internacional Geodésica. Pero al ausentarme de la Sierra Nevada y de la vecina cordillera de los Filábres, donde iba á ensayarse la solucion del problema que mayor interes excitaba por entónces en el seno de aquella Asociacion, en las condiciones más angustiosas y comprometedoras que imaginarse podian, me alentaba un gran consuelo, dimanado de la conviccion adquirida sobre el terreno, de que, si la operacion era de suyo realizable, la llevaria seguramente á buen término el experimentado é intrépido personal que la tenia á su cargo.

Y así, por fortuna, sucedió. Las observaciones, simultáneamente casi, principiadas en los vértices españoles y africanos el dia 9 de Setiembre, podian darse por terminadas el último dia del mismo mes. Desde el 17 hallábame yo en París, retenido, mal de mi grado, por las atenciones y cuidados de la Presidencia de la *Comision Internacional de Pesas y Medidas;* y allí recibia los telegramas directos de Mulhacen, de Tetica, de M'Sabiha y de Filhaoussen, que por momentos se me dirigian, y me enteraban de los progresos y de las dificultades de la vasta operacion, por franceses y españoles con entusiasmo inusitado acometida. Desde París tuve, al fin, la honra de telegrafiar al Gobierno español la noticia de la terminacion de las observaciones geodésicas, que cuidé tambien de poner en inmediato conocimiento del Gobierno frances: y desde allí trasmití por telégrafo las felicitaciones de los Sres. Presidente de nuestro Consejo de Ministros y Ministro de Fomento, y del Ministro de la Guerra de Francia, á los geo-

destas de ambas naciones, estacionados en los cuatro memorables vértices. Era la única recompensa que esperaban como premio de sus afanes, ó la que más podia lisonjearles, por de pronto: la aprobacion de los sabios y corporaciones científicas debia completarla muy en breve.

VIII.

Pero ¿se logró dar cima á la obra con facilidad, ó sin experimentar frecuentes sobresaltos, y saborear terribles amarguras, miéntras duraron los trabajos de campo?—No, ciertamente.

Por de pronto los observadores experimentaron, en los cuatro vértices, la extraña decepcion de no columbrar, durante el dia, de un lado á otro del Mediterráneo, las señales que incesante y recíprocamente se trasmitian, y anhelaban enfilar para abreviar el término de su faena: ni una sola vez, ni por azar siquiera, divisaron desde un continente cualquiera los reflejos de la luz solar que con los heliotropos se les mandaban del otro; y si, fiados exclusivamente en el resultado del reconocimiento preliminar, verificado en el verano anterior, hubiéramos decidido que la operacion se intentase por los procedimientos y con los recursos ordinarios, el fracaso hubiera sido completo, el desaliento se habria apoderado de nosotros, y lo que ahora es un hecho consumado, tal vez se habria calificado de generosa aspiracion, irrealizable en absoluto. El buen éxito de la empresa, y lisonjero coronamiento de tantos esfuerzos desplegados, y sacrificios hechos para llevarla á cabo, se deben, en primer término, á la resolucion adoptada en las conferencias preliminares de París, de apechar con todo y arrostrar animosamente las consecuencias risibles de un descalabro, transportando y subiendo á la region de las nubes, las máquinas, aparatos y enseres indispensables para la produccion y entretenimiento de la luz eléctrica. Sin los destellos de este nuevo Sol, creado por la ciencia moderna, á oscuras hubiéramos quedado, y estábamos perdidos.

Aún así, los geodestas de Tetica comenzaron su trabajo sin percibir más luces que la de petróleo, procedente de

Mulhacen, y la eléctrica de M'Sabiha: sin que de la, eléctrica tambien, emitida desde Filhaoussen, columbrasen el más leve vestigio, durante 14 dias consecutivos, de cruel y desesperadora ansiedad: desde el 9 de Setiembre, en que principió la faena, hasta la noche del 23, durante la cual pudieron utilizar los mortecinos destellos de aquella luz, por término escaso de cinco cuartos de hora. En diez dias salteados, comprendidos entre la primera fecha citada y el 30 de Setiembre, y distintos para cada vértice, se hicieron en los dos españoles cuantas observaciones se juzgaron necesarias para dar por ultimado el trabajo de campo: resultando otros once dias intermedios, de inaccion forzosa y desaliento consiguiente: los más fatigosos y más dificilmente soportables de todos.

En Tetica no fué el temporal reinante, durante el mes de Setiembre, por demas extremado y riguroso. Pero en la nevada cima de Mulhacen, las penalidades que hubo de aguantar el personal allí acampado, casi no tienen nombre. La presion barométrica fluctuaba alrededor de solos 500 milímetros; y en el ansia de la respiracion y laxitud muscular de los á ellos sometidos, se advertian, á la simple vista, sus perjudiciales efectos. La temperatura oscilaba enormemente; y, tras la postura del sol, comenzaba á descender, y no paraba hasta señalar el termómetro 8, 10 y 12 grados *bajo cero*. Á 69 milímetros llegó el espesor de la lluvia en un solo dia. Y, sobre la nieve congelada en los alrededores del vértice, por cuatro veces volvió á nevar en el transcurso del mes, copiosamente alguna. Cómo los geodestas, auxiliares, maquinistas y escolta de soldados, que componian la expedicion, resistieron sin cejar tan pavorosos rigores de la intemperie, casi no se concibe ahora; y ménos se concibe sabiendo que los jornaleros del país, en número considerable, agregados al servicio de la brigada científica, se desbandaron asustados más de una vez, prefiriendo contemporizar con su miseria, á ganar el sustento en tan dura y desigual contienda, con los furores de aquella estacion excepcional y aquella brava naturaleza. Por si algo faltaba todavía para probar la paciencia y resistencia de nuestros expedicionarios, en la mañana del 19 de Setiembre, cuando, ni con mucho, podia considerarse logrado aún el

premio de nuestros afanes, nublóse el cielo, zumbó la tempestad por cima de Mulhacen, desprendióse el rayo sobre nuestro mismo vértice, y la confusion y desconcierto llegaron, aunque por un momento no más, á su colmo. De lo ocurrido el 19 recibia yo en París el 20 noticia, por telegrama suscrito por el coronel Sr. Barraquer, cuya lectura me dejó aterrado. Decia así aquel tan breve como desconsolador despacho telegráfico: «Ha caido hoy, á las 11 $^1/_2$ h.^{s} de la mañana, un rayo en los »aparatos eléctricos, cuyos desperfectos ignoro todavía. Gran »nevada. Personal sin novedad; pero es peligroso prolongar la »estancia. Preparo la retirada.»—Amplias facultades tenia el Sr. Barraquer para retirarse, en caso tan apurado como el que me describia; y áun el deber de hacerlo, tratándose de poner en salvo las vidas de cuantos estaban á sus órdenes. Mas, por fortuna y honra nuestra, la retirada no se verificó. Y allí permanecieron, hasta los primeros dias de Octubre, cuantos tenian precision de permanecer, no sólo para rematar el trabajo comenzado, sino para recoger el material de campaña, y volverle á Madrid sin considerable deterioro.

IX.

Terminado el penoso período de observacion en las montañas, la ansiedad de cuantos nos interesábamos por el éxito feliz de la operacion, en las circunstancias expuestas acometida, ni se disipó por completo, ni áun disminuyó, ó se aplacó, en grado perceptible.

¿Cuál sería el resultado final de los trabajos de gabinete, y de combinacion de nuestras observaciones con las hechas por los geodestas franceses? Los errores inevitables de unas y otras, ¿serían sin escrúpulo admisibles, y estarían comprendidos dentro de los límites de magnitud que la ciencia, cada dia más exigente, tolera en la actualidad? ¿No sería causa de confusion y orígen de equivocaciones graves la circunstancia desfavorable, consecuencia forzosa de la simultaneidad de trabajo en los cuatro vértices, de haber enfilado siempre las luces fuera de los centros de estacion, y de ser, por lo tanto, indispensable aplicar algunas correcciones á todas las direc-

ciones observadas? Y la precipitacion con que el trabajo se habia efectuado, lo estemporáneo é incómodo de las horas de observacion, la crudeza de los temporales, y áun la falta de salud de los observadores, ¿no habrian trascendido tambien á los resultados, en términos imposibles de prever por de pronto, y de remediar más tarde?

Más de mes y medio tardamos en ver desvanecidas tan insoportables dudas: miéntras el Sr. Perrier reunió y ordenó las observaciones hechas en M'Sabiha y en Filhaoussen, con sus respectivos elementos de reduccion, y las remitió á Madrid, donde los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, compañeros suyos de campaña, las redujeron y combinaron con las españolas, ya préviamente discutidas tambien y analizadas. El cálculo provisional, cuyos resultados discreparán seguramente muy poco del definitivo, mucho más penoso y prolijo, se terminó, por fin, el 16 de Noviembre; y en aquel mismo dia transmití, por telégrafo, la síntesis y conclusiones del cálculo referido, no sólo al Ministerio de la Guerra de Francia, sino á la Academia de Ciencias de París.

Con alguna mayor extension, y con otros detalles meramente aproximados á la verdad, á continuacion se insertan los resultados á que acabo de aludir, deducidos hasta la fecha de las observaciones geodésicas hechas en España y Africa, y los cuales superan en exactitud, ó grado de precision, á cuanto podia esperarse de tan azarosa campaña, y era lícito imaginar, áun considerado el asunto por su aspecto más favorable.

DIRECCIONES.

VÉRTICES.	OBSERVADAS Á LAS LUCES.				CORRECCIONES.	
Filhaoussen.	M'Sabiha	0°	0′	0″,000	+	4″,24
	Tetica	60	51	17 ,49	—	1 ,094
	Mulhacen	78	43	43 ,18	+	0 ,130
M'Sabiha...	Tetica	0	0	0 ,000	—	0 ,787
	Mulhacen	16	19	51 ,25	+	0 ,091
	Filhaoussen	95	8	43 ,77	—	6 ,58
Mulhacen...	Tetica	0	0	0 ,000	—	9 ,334
	Filhaoussen	287	30	31 ,315	+	8 ,15
	M'Sabiha	309	59	22 ,894	+	1 ,84
Tetica.....	Mulhacen	0	0	0 ,000	—	10 ,219
	Filhaoussen	89	39	9 ,803	—	3 ,81
	M'Sabiha	113	40	18 ,966	—	1 ,91

TRIÁNGULOS.

VÉRTICES.	ÁNGULOS.			SUPERFICIES.	
					Hectáreas.
Filhaoussen....	17°	52′	26″,914		
Tetica.....	89	39	16 ,212		
Mulhacen.....	72	29	11 ,201	Esférica....	1066180
				Plana.....	1066020
Suma. .	180	0	54 ,327		
Exceso..			54 ,162		
				Diferencia..	160
Error...		+	0 ,165		
M'Sabiha.....	78	48	45 ,849		
Mulhacen.....	22	28	45 ,269		
Filhaoussen....	78	43	39 ,070	Esférica....	1392336
				Plana.....	1392112
Suma...	180	0	70 ,188		
Exceso..			70 ,730		
				Diferencia..	224
Error...		—	0 ,542		
M'Sabiha.....	16	19	52 ,128		
Tetica.....	113	40	27 ,275		
Mulhacen.....	50	0	25 ,932	Esférica....	856236
				Plana.....	856121
Suma...	180	0	45 ,335		
Exceso..			43 ,498		
				Diferencia..	115
Error...		+	1 ,837		
Filhaoussen....	60	51	12 ,156		
M'Sabiha.....	95	8	37 ,977		
Tetica.....	24	1	11 ,063	Esférica....	1182393
				Plana.....	1182237
Suma...	180	0	61 ,196		
Exceso..			60 ,068		
				Diferencia..	156
Error...		+	1 ,128		

LONGITUD DE LOS LADOS.

Mulhacen—Tetica	82827m,6
Mulhacen—M'Sabiha	269847 ,8
Mulhacen—Filhaoussen	269927 ,2
Tetica—M'Sabiha	225713 ,6
Tetica—Filhaoussen	257413 ,0
Filhaoussen—M'Sabiha	105178 ,4

COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

VÉRTICES.	LATITUD.	LONGITUD E.	ALTITUD.
Mulhacen	37° 3′ 12″	0° 22′ 34″	3481m
Tetica	37 15 9	1 16 29	2080
M'Sabiha	35 39 39	2 51 20	585
Filhaoussen	34 59 58	1 59 56	1140

Cuanto, concerniente á las operaciones geodésicas, teníamos que referir, queda expuesto en las breves páginas precedentes. Como ya más atras he dicho, la Academia nada perderá con que yo prescinda de tratar de las astronómicas, curiosísimas, y no ménos importantes ni difíciles que las geodésicas, encomendadas al Sr. Merino, y de las cuales este señor, cediendo bondadoso á mis instancias reiteradas, se ha decidido á darnos cuenta.

Madrid 1.º de Febrero de 1880.

CÁRLOS IBÁÑEZ.

Segunda operacion.—Enlace astronómico.

I.

Comprometido yo por las bondadosas palabras del señor general Ibáñez á dar cuenta sucinta á la Academia de las operaciones astronómicas, verificadas en el vértice geodésico de la *Tetica de Bacáres*, como complemento de la colosal triangulacion, llevada á término feliz entre España y Africa durante el último verano, debo comenzar por manifestar á esta docta Corporacion que, en mi pobre concepto y leal entender, á quien correspondia el desempeño de obligacion tan honrosa es al iniciador de la empresa, alma y vida de todos los trabajos emprendidos y efectuados en la postrer campaña, y responsable principal, exclusivo casi, ante la nacion española y el mundo científico, del éxito problemático de tan costosa y arriesgada aventura: al expresado Sr. D. Cárlos Ibáñez, Director del Instituto Geográfico y Estadístico, nuestro dignísimo y por tantos títulos respetable compañero. Porque suponer, como él ha supuesto, que á mí me corresponde la honra de la jornada, cuando él la preparó, y asumió generosamente la responsabilidad gravísima de un descalabro, miéntras yo, sin fé ni esperanza en el triunfo, me constituí en mero ejecutor de sus planes y proyectos, paréceme lo mismo que atribuir en un combate militar el mérito de la victoria á los soldados, prescindiendo del jefe que los manda y guia, é infunde el aliento necesario para la lucha: dar al brazo que ejecuta mayor importancia que á la mente pensadora, que le dirige y sostiene en la faena que le está encomendada.

Con esta salvedad, que el corazon me dicta, y que en varios conceptos ampliaria gustosísimo, ningun reparo tengo en

aceptar el compromiso que se me ha impuesto, y en tratar de cumplirle del modo mejor y más breve que me ocurra. Suplico, sin embargo, á la Academia que me dispense si no acierto á enterarla de lo ocurrido durante la segunda parte de la vasta operacion geodésico-astronómica de que tratamos, con el laconismo y precision con que el Sr. Ibáñez lo ha hecho de la primera. Ni yo poseo su habilidad y práctica en la consideracion de esta clase de asuntos; ni el tema sobre el cual debo entretener, ó aburrir, á la Academia es, en principio, tan sencillo; ni mi situacion como observador, y compañero de mis compañeros de trabajo y de miserias en el campo, me ha de permitir olvidarme, sin notoria ingratitud, de ciertos detalles y menudencias, que al narrador, en algun modo extraño, desapasionado y frio, con justicia deben parecerle insignificantes y despreciables. Previas estas leales aclaraciones, entro en materia.

II.

Hasta la noche del 14 de Abril de 1879 no tuve yo noticia alguna de los vagos conciertos que ya por entónces mediaban entre el Director de nuestro Instituto Geográfico y el Jefe de los trabajos geodésicos de la nacion vecina, teniente coronel de E. M., Sr. Perrier, para completar los de triangulacion mediterránea con una múltiple operacion astronómica, encaminada á determinar: la *diferencia de longitudes geográficas* de dos vértices, español uno, y otro argelino; las *latitudes* del mismo nombre de ambos vértices; y los *azimutes* de dos direcciones cualesquiera, á ellos afluentes. Lo supe al salir de una de nuestras sesiones; y me fué comunicado verbalmente, con habilidosa naturalidad, por el Sr. Ibáñez, como quien no dice nada: reduciendo las dificultades de la operacion cuanto le fué posible, y haciéndome creer que sólo se trataba de un ensayo: de *intentar*, como el mismo señor ha consignado lealmente en la nota que á estas líneas precede, y con el muy atendible propósito de utilizar los elementos de trabajo que la operacion propiamente geodésica exigia se acumulasen en aquellos vértices, una nueva empresa, inasequible casi por muchos motivos, y cuyo mal éxito, en consecuencia, á nadie

ni á nada comprometia.—Planteado así el problema, ¿cómo podia yo decorosamente rehusar mi cooperacion para tratar de resolverle?—Si entónces pequé de incauto y presuntuoso, consuélome pensando que cualquiera en mi caso, y con tentador por el estilo, hubiera pecado de lo mismo. La penitencia ha sido larga y penosa; y así de todos mis pecados estuviera y me considerase igualmente redimido.

III.

Aceptado el compromiso de dirigir y de verificar personalmente, en lo posible, los trabajos astronómicos que en España debian efectuarse, de concierto con los proyectados en la Argelia, fuéme preciso trasladarme á París, en compañía del geodesta del Instituto Geográfico, D. Antonio Estéban Gómez, mi constante colaborador desde entónces, con el triple objeto, 1.º: de examinar los instrumentos y máquinas que en la operacion debian emplearse; 2.º: de formular definitivamente con el Sr. Perrier el órden y plan de nuestros trabajos; y 3.º, y principal: de determinar, por resultado de múltiples observaciones, la diferencia de nuestras *ecuaciones personales*, en la apreciacion de los pasos de estrellas por el meridiano, y percepcion de las ocultaciones sistemáticas de una luz lejana, y á duras penas visible en los confines del horizonte.

Lo primero nos fué fácil conseguirlo, visitando los talleres de los Sres. Brunner y Breguet, donde desde el primer momento se nos recibió con afabilidad inolvidable.

Lo segundo tampoco ofreció obstáculo alguno, merced al bondadoso carácter y entusiasmo científico del Sr. Perrier.

Pero lo tercero, extraño á la voluntad de los hombres, y dependiente de la bonanza de la atmósfera y serenidad del cielo, desesperamos muchas veces de conseguirlo. Para poder observar el Sr. Perrier y yo los pasos meridianos de un par de cientos de estrellas, y de dos á tres mil ocultaciones luminosas, unas y otras distribuidas en series distintas, correspondientes á media docena de noches, tuvimos que emplear los dos meses de Junio y Julio, luchando de contínuo con graves inconvenientes, y apurando una buena dósis de paciencia.—

Y, si esto nos sucedia en el verano, ¿qué podíamos prometernos, áun contando con la diferencia de climas, avanzado ya el otoño, cuando del simulacro dentro de casa, nos trasladásemos á despoblado, y ascendiésemos á la region de las nubes, y emprendiésemos seriamente allí la obra proyectada?—Tristemente preocupados con esta duda, y procurando animarnos mútuamente, nos separamos en París al comenzar el mes de Agosto, dirigiéndose hácia la Argelia el Sr. Perrier, y regresando á España el Sr. Estéban y yo, intranquilos ademas por otro motivo. Al ir á París creíamos, segun ántes indiqué, que nuestra comision apénas tenia importancia ni trascendencia: allí se nos abrieron los ojos; y cuando volvimos á Madrid, para preparar apresuradamente nuestra expedicion á la provincia de Almería, la responsabilidad científica que habíamos contraido, contando con nuestra buena voluntad, pero sin atender á lo menguado de nuestras fuerzas, nos oprimia dolorosamente. El mal no tenia remedio, y decidimos sobrellevarle con paciencia, renunciando á desandar el camino ya recorrido.

IV.

Lo acabado de exponer acerca de las dificultades que se opusieron á la pronta determinacion de la doble ecuacion personal del Sr. Perrier y mia, y al empeño tenaz que en definirla pusimos, indica con suficiente claridad cuál fué el método entre ambos convenido para llegar al conocimiento de la diferencia de longitudes geográficas de los dos vértices, argelino y español, de M'Sabiha y de Tetica: el comun y corriente, en realidad, con las modificaciones en los detalles, aconsejadas, y áun exigidas, por lo excepcional del caso. Debia, pues, constar nuestro trabajo de dos partes muy distintas: una, la más sencilla en teoría y más dificultosa, á mi entender, en la práctica, reducida á la determinacion de la *hora local* en cada vértice; y otra, á la comparacion, por medio de señales luminosas, sucesivas y recíprocas, de las horas en ambos vértices, correspondientes á los mismos momentos ó instantes físicos.

Para determinar la hora local, el procedimiento preferido fué el de observacion de numerosos pasos meridianos de estre-

llas, con un anteojo de excelente construccion, é instalado sobre el terreno y orientado de la mejor manera posible; provisto de retículo de múltiples hilos paralelos fijos, y de un hilo móvil micrométrico, para facilitar y abreviar la observacion de las estrellas circumpolares; y relacionado con un péndulo sidéreo, y un cronógrafo portátil, dependiente á su vez éste del péndulo y de la voluntad y mano del observador, donde todas las observaciones que se hicieran debian quedar consignadas.

Y para la comparacion de las horas locales, convínose en la produccion sucesiva, ordenada y rítmica, en cada vértice, de varias series de señales luminosas instantáneas, que automáticamente debian quedar anotadas en el cronógrafo del vértice de donde procediesen, y observarse desde el otro, con auxilio de un potente anteojo ó telescopio, y consignarse en el cronógrafo respectivo, exactamente como los pasos consecutivos de las estrellas por los diversos hilos del retículo mencionado, durante la primera parte de la operacion.

Acordes en esto, y no siendo posible que los observadores cambiasen de lugar ó puesto para reiterar la operacion, y eliminar con el cambio la influencia en los resultados de sus modos peculiares de ver y apreciar los fenómenos referidos, menester era que, ántes de emprender las operaciones sobre el terreno, procurasen determinar sus diferencias de percepcion y apreciacion, ó sus *ecuaciones personales*, para poderlas aplicar, con el signo ó en sentido conveniente, á los resultados que más adelante obtuvieren, en el falso supuesto de ser nulas semejantes diferencias. Y como los fenómenos á que se refieren son dos, y no absolutamente del mismo género ambos, dos eran las *ecuaciones* que debian investigarse: ecuacion de *pasos*, trascendente á la determinacion de las horas locales; y ecuacion de *eclipses* (ocultaciones ó reapariciones de una luz lejana), á la comparacion de estas horas, para concluir la diferencia de longitudes.

La primera ecuacion se determinó en el Observatorio Geodésico, establecido en el parque de Montsouris, observando con uno de los anteojos de Brunner, que debian emplearse en campaña, provisto de un retículo de 14 hilos, 227 estrellas,

en las noches del 19, 27, 28 y 29 de Julio y 1 y 2 de Agosto: mitad de los pasos de cada estrella por el Sr. Perrier, y otra mitad por el que suscribe.

Y la segunda observando análogamente desde la azotea superior del Observatorio Astronómico de Paris, en las noches del 14, 16, 17, 18, 24, 25 y 26 del primer mes, multitud de series de eclipses de una luz de petróleo, producidos en la torre de Montlhéry, á unos 24 kilómetros de distancia, en condiciones asimilables á las en que, no sin razon, contábamos hallarnos sobre el terreno, en España y Africa, con el Mediterráneo por medio, y una atmósfera cargada de bruma, á duras penas penetrable, para dificultar por extremo la operacion.—Los eclipses, automáticamente producidos, de dos en dos segundos, desde Montlhéry, eran á la vez observados por el Sr. Perrier y por mí, con dos anteojos iguales en la apariencia; y registrados los momentos de su produccion y observacion en un cronógrafo, provisto de tres plumas: una, dependiente de un péndulo sidéreo, que trazaba la *escala de segundos;* y otras dos, sometidas á la voluntad de cada observador, y destinadas al registro y cotejo de las apreciaciones individuales. Cambiando, tras cada serie, de lugar ó puesto en la azotea, los observadores cambiaban de anteojo y de pluma, y las condiciones de la observacion se identificaban por completo. El error procedente de la *paralaje* de ambas plumas quedaba así, en particular, muy sencilla y satisfactoriamente eliminado.—En una simple nota como la presente, no parece oportuno ni propio insertar los resultados parciales numerosísimos de este ingrato y fatigoso trabajo previo. Baste saber que la primera *ecuacion*, poco antes definida, ó la diferencia (P—M), entre las apreciaciones de Perrier y Merino, asciende, aproximadamente, á cosa de $+ 0^s,12$; y á $+ 0^s,13$ la segunda.

V.

Los varios instrumentos empleados en la investigacion preliminar de que acabo de dar cuenta á la Academia, ó los análogos, arreglados al mismo patron y medida, posteriormente empleados en los trabajos de campo, tanto en España

como en la Argelia, merecen que de ellos se haga, ya que no descripcion minuciosa, ininteligible, despues de todo, sin el auxilio de su representacion gráfica muy esmerada, algo más que una simple mencion, como la hecha en las líneas precedentes.

VI.

El anteojo de pasos, construido por los célebres artistas Emilio y Leon Brunner, es un anteojo recto, de 60 mm. de abertura, y unos 800 de distancia focal, móvil alrededor de un eje que le es perpendicular por su centro casi, y que termina por dos muñones de acero, trabajados y torneados con habilidad admirable. Por estos muñones descansa el anteojo sobre dos cajas ó muñoneras, que forman parte de una robustísima base metálica de sustentacion, provista inferiormente de doble juego de tornillos, por medio de los cuales puede nivelarse el eje de rotacion, y comunicarse al aparato un pequeño movimiento azimutal, para facilitar la instalacion del eje óptico en el plano meridiano, ó en cualquier otro vertical donde se pretenda ó convenga situarle.—Para determinar el error de *colimacion* de este segundo eje, el anteojo puede invertirse sobre las muñoneras en brevísimo tiempo, con auxilio de un aparato independiente, pero que, con facilidad y prontitud, se relaciona, cuando la necesidad ó la conveniencia lo piden, con el mismo anteojo, sin trastornar su nivelacion, ni alterar el azimut, procediendo en la faena, inútil es advertirlo, con previsora cautela.

El retículo, como ya se ha dicho, consta de 14 hilos, simétricamente distribuidos en cuatro grupos laterales, de tres hilos cada uno, y otro central de solos dos: hallándose completado este importante sistema de líneas de referencia por otro hilo móvil, paralelo á los fijos, relacionado con un tornillo micrométrico, y cuya situacion arbitraria en el campo visual se determina, en vueltas y centésimas partes de vuelta del mismo tornillo, con suma prontitud y completa seguridad de acierto.

Al anteojo acompañan por separado, entre otros accesorios, un baño ú horizonte artificial de mercurio, y un ocular espe-

cial para las observaciones nadirales por reflexion, utilizables ambos ventajosamente y sin dificultad, ya cuando se trata de la determinacion de la línea vertical, ya de averiguar la diferencia algebráica entre la colimacion del eje óptico y la inclinacion del eje de rotacion: diferencia que, determinada dos veces, en posiciones inversas del anteojo, y llevando en cuenta la de espesor ó diámetro de los muñones (inapreciable en el instrumento por nosotros empleado), permite calcular los valores absolutos de minuendo y sustraendo, ó de las dos cantidades comparadas: de signo variable la primera, con la posicion del anteojo; y constante en ambas posiciones la segunda.

Perpendiculares al eje de rotacion, y centrados con él, posee el anteojo dos círculos: graduado con grandísimo esmero, uno; y simplemente destinado á servir de contrapeso á éste, el otro.—Cuando el anteojo se emplea exclusivamente en la determinacion de la hora local, ó de las *ascensiones rectas* de las estrellas que con él se observan, contra el círculo graduado aséstase un solo microscopio, provisto de un hilo fijo, ó línea de referencia, necesaria y suficiente para facilitar la enfilacion del instrumento hácia la region del cielo donde se encuentra el astro que debe observarse. Pero cuando se trata de la determinacion de la latitud, ó de las *declinaciones* de las estrellas, lo que ántes era simple anteojo de pasos, se convierte en verdadero *círculo meridiano*, con el aditamento de cuatro microscopios micrométricos delicadísimos, soportados por una robusta pieza de metal, contrapesada por otra equivalente en el extremo opuesto del eje de rotacion.—La transformacion, sin embargo, no es demasiado fácil de hacer con toda limpieza, ó sin riesgo de tropezar en el instrumento y de alterar su equilibrio, ó la orientacion y nivelacion del anteojo; y, miéntras deba principalmente utilizarse como instrumento de pasos, consideramos temerario é inconveniente tratar de realizarla, especialmente de noche. Lo cual constituye una deplorable contrariedad: pues en noches apacibles y de cielo sereno, pero de horizonte encapotado por nieblas y vapores, como en Tetica tuvimos algunas, durante las cuales no podia trabajarse en la determinacion de la diferencia de longitudes, tampoco era posible, sin emprender ántes la arriesgada maniobra que

hemos apuntado, hacer cosa de provecho para determinar la latitud. El instrumento que, montado por completo, presenta bellísima apariencia y caractéres de unidad, es realmente un aparato doble, que en la misma noche, sólo en uno ú otro de los dos conceptos mencionados, puede ventajosamente utilizarse.—Si esto es un defecto, parécenos que lo es de esencia, y como inherente á todos los instrumentos análogos al que en estas mal concertadas líneas nos referimos.

La iluminacion, en fin, del campo visual del anteojo y del círculo graduado se efectúa por medio de una sola lámpara con reflector, situada al E. ó al O. del meridiano, y á distancia del anteojo, variable de 1 á 2 metros. El sistema es por todo extremo cómodo para el observador, y sólo presenta un inconveniente problemático: el de caldear, aunque poco, desigualmente la barraca de observacion, y una mitad del instrumento algo más que la otra. Le califico, sin embargo, de problemático, porque no he tenido el disgusto de cerciorarme en la práctica de la realidad de sus malos efectos. Y aunque el inconveniente sea, en principio, incuestionable, y difícil por añadidura de remediar, dudo que ningun otro sistema de iluminacion, de seguro más imperfecto, se halle exento por completo de inconvenientes y reparos por el estilo.

VII.

El *cronógrafo*, empleado en el registro de las observaciones, es un aparato muy conocido y sencillo, que fuera ocioso en la ocasion presente entretenerse en describir.—¿Quién no conoce el receptor telegráfico de Morse, en uso, casi universal, desde que la telegrafía eléctrica comenzó á utilizarse, há ya más de 40 años, como elemento maravilloso de comunicacion y de fraternidad entre los pueblos más distantes?—Pues un aparato de Morse, provisto de dos plumas, cuyos picos ó puntas corresponden á la misma *ordenada*, ó perpendicular á la direccion de la cinta de papel, receptora de sus marcas, y construido naturalmente con especial esmero, es el cronógrafo usado en nuestra campaña astronómica, procedente de los talleres del Sr. Breguet.

El detalle más importante de su construccion, único tal vez que merece mencionarse, se refiere á la obtencion del movimiento uniforme con que la cinta de papel debe desenvolverse; y este resultado se consigue, simplicísima y satisfactoriamente en la práctica, empleando como regulador, propuesto por el Sr. Hipp, de Neuchatel, una laminita vibrante, fija por un extremo, y que por el otro, conforme vibra apresurada y cadenciosamente, aprisiona y suelta la rueda de escape, y por ende todo el mecanismo de relojería. Modificando un poco la presion de la lámina contra la rueda, consíguese ademas que el movimiento, sin dejar de ser sensiblemente uniforme, se acelere ó retarde entre límites convenientes.—En la serie de nuestras observaciones, las cosas se dispusieron de manera que la cinta avanzaba á razon, muy aproximadamente, de 12 mm. por segundo.

Con el cronógrafo propiamente dicho se combinan otros órganos, aunque accesorios, muy importantes (*relais*, reostato, brújula y conmutador), que en junto componen la *plancheta cronográfica*, indispensable cuando se trata de la determinacion electro-telegráfica de la diferencia de longitudes, y muy especialmente en una estacion intermedia entre dos extremas: aunque no tanto en el caso concreto á que nosotros debemos referirnos. Prescindimos, pues, de su descripcion: como, por no pecar de difusos, prescindimos tambien de tratar de los artificios y mecanismos muy ingeniosos, ideados para traducir y expresar en números, por procedimiento rápido y seguro, las marcas estampadas en la cinta del cronógrafo, refiriéndolas á la escala de segundos de tiempo, trazada por la pluma relacionada con el péndulo sidéreo.

VIII.

La luz eléctrica, que cadenciosa y alternadamente debia eclipsarse ú ocultarse por medio de una pantalla en cada vértice, de manera que el momento de la ocultacion quedase automáticamente registrado en el cronógrafo respectivo, ardia dentro de un aparato muy sencillo, compuesto de dos partes. de una combinacion de pequeñas lentes, que en primer tér-

mino la recibian, redondeaban y condensaban en su foco; y de otra lente, como de 20 centímetros de diámetro, cuyo foco principal coincidia con el punto de condensacion máxima de la luz, y que la recibia desde allí y la despedia en lontananza, bajo la forma de un haz cilíndrico del mismo diámetro.—Paralelo al eje comun del doble sistema de lentes mencionadas, existia en el aparato (especie de colimador de grandes dimensiones) un anteojo de exploracion, con cuyo auxilio podia dirigirse la luz en la direccion deseada, previos los tanteos y rectificaciones que es fácil suponer. Y áun cuando, despues de bien orientado el aparato, con el mismo anteojo se hubiera podido observar la luz procedente del otro vértice, como su potencia óptica no era considerable, convinimos el Sr. Perrier y yo en completar el aparato de emision y recepcion de la luz eléctrica con otro anteojo, independiente, de 10 á 12 centímetros de abertura, destinado á la percepcion de las señales en casos de apuro. Así lo hicimos á última hora; y, sin este recurso, tal vez una sola noche, la del 30 de Octubre, de excepcionales limpieza y transparencia, hubiéramos conseguido vernos y entendernos. Contando con él, trabajosamente logramos en las demas columbrar desde Tetica la luz de M'Sabiha, amortiguada por la bruma, y vacilante y trémula, y como próxima á extinguirse por completo.

La pantallita, interruptora de la luz, media escaso un centímetro de diámetro, y se movia en el foco comun de las lentes mencionadas: allí donde la luz eléctrica, condensada por el primer sistema, resplandecia con intensidad irresistible. Y segun su posicion, variable como ahora se dirá, así la luz pasaba sin obstáculo á la lente anterior, y se difundia en lontananza, ó quedaba totalmente interrumpida y aprisionada dentro del aparato.

Para conseguir este doble resultado, formaba parte la pantalla de la armadura móvil de un electro-iman, adosado á la caja donde ardia la luz, y activo ó inerte segun que por las espiras de su hilo envolvente circulaba ó no una corriente eléctrica, de suficiente, aunque no excesiva, intensidad. Y el que la corriente, sucesiva y ordenadamente, circulase ó se interrumpiese, dependia de un sencillo mecanismo de relo-

jería, interpuesto en el circuito formado por el electro-iman y una pila voltáica. Cuando el electro-iman no funcionaba, la pantalla permanecia caida, y dejaba libre paso á la luz emitida hácia las playas argelinas. Pero, en el momento en que la corriente emitida por el reloj le comunicaba como un soplo de vida y de actividad, la pantalla cambiaba de posicion, y la emision del haz luminoso quedaba interrumpida. Y al interrumpirse, por resultado de la atraccion ejercida por el electro-iman sobre su armadura, ésta completaba un nuevo circuito, alimentado por otra pila, y del cual formaba parte uno de los electro-imanes del cronógrafo; la pluma que le correspondia se apoyaba entónces sobre el papel; y el momento de la ocultacion, ó eclipse de la luz, quedaba registrado sin la intervencion inmediata del observador.

Tan ingeniosa y delicada combinacion, aceptable sin reparo en un ensayo de gabinete, ¿daria el resultado que se anhelaba en la cumbre de los Filábres, y operando poco menos que á la intemperie?—Confieso ingénuamente que necesité verlo para convencerme de que podia darle. Lo contrario sí que no me hubiera sorprendido. Como no me sorprenderia que no le diese si por segunda vez se intentase análoga prueba, áun en condiciones de experimentacion mucho más favorables que en el primer desesperado caso.

IX.

Aunque préviamente se convino en que los instrumentos de observacion, tanto en España como en Africa, debian coincidir en calidad, figura y dimensiones, la convencion no se extendió, ni podia razonablemente extenderse, á los *péndulos sidéreos*, necesarios para la determinacion de la hora local del mismo nombre en ambas estaciones astronómicas.—¿Ni qué se hubiera adelantado con poner á prueba la habilidad de un artista, empeñándole en la preparacion de dos aparatos de esta especie, idénticos hasta en sus más mínimos detalles?—Nada en realidad: primero, por la inmensa dificultad de construirlos con arreglo á tan exigente programa; y segundo, en razon de la considerable é inevitable diferencia de las condiciones de su instalacion y entretenimiento en uno y otro vértice.

En libertad, pues, de elegir cada cual el péndulo que considerase mejor adaptado á sus necesidades, y á las dificultades de su transporte é instalacion, el Sr. Ibáñez, que le habia visto funcionar, con aplauso de las personas inteligentes, en la última *Exposicion Universal* de París, adquirió y nos facilitó un péndulo sidéreo, eléctrico y de compensacion de mercurio, fabricado por el célebre artista de Neuchatel, Sr. Hipp, poco ántes ya nombrado, al tratar del artificio regulador del cronógrafo.

Consta este nuevo aparato, de importancia grandísima en la operacion que con él intentábamos emprender, de dos distintas partes: del péndulo propiamente dicho; y del cuadrante *simpático*, reproductor de sus oscilaciones, é indicador, en consecuencia, de las horas.

El péndulo, compuesto de un bastidor formado por dos varillas de acero, una con otra empalmadas por dos travesaños; delicadamente suspenso de un resorte; é inferiormente cargado con el cilindro de mercurio compensador, oscila por de pronto, como cualquier otro péndulo, inicialmente desviado de la vertical, por efecto exclusivo de lo que llamamos, bien ó mal llamado, fuerza de gravedad. Pero, no contribuyendo á entretener su movimiento, ni la tendencia á caer de ningun otro cuerpo extraño, ni la tirantez ó elasticidad de algun resorte con él relacionado, sus oscilaciones disminuyen poco á poco de amplitud, y propende á pararse, por fin, en la posicion vertical primitiva. Antes, sin embargo, de que esto suceda, el mismo péndulo, por su contacto con un delicadísimo sistema de palancas, cierra el circuito voltáico de un electro-iman, y recibe de este órgano la impulsion necesaria para continuar oscilando libremente: hasta que la resistencia del aire, el suave roce contra el sistema de paletas mencionado, y los contactos reiterados con otro sistema análogo de trasmision del movimiento al cuadrante indicador, amortiguan otra vez la amplitud de las oscilaciones; y otra vez vuelve entónces á reanimarse momentáneamente el electro-iman, y á comunicar al péndulo la energía mecánica perdida.

El procedimiento apuntado es tan ingenioso que, áun cuando la intensidad de la corriente voltáica aumente ó dis-

recibimos el dia 12 del segundo mes; y, contando con que la operacion geodésica, vencidas ya las enormes dificultades de ascension é instalacion de los aparatos y de percepcion de las señales luminosas, podria terminarse ántes del 30, aceleramos el arreglo de nuestro demasiado voluminoso y complicado equipaje científico, y le despachamos el 14 hácia Tetica, por ferro-carril hasta la estacion de Alcantarilla, inmediata á Murcia, y desde allí por carretera, sendas, barrancos, arroyadas y precipicios, al término del viaje.

XI.

De la conduccion y cuidado de tan precioso convoy se encargaron en Madrid los jóvenes Auxiliares del Instituto Geográfico y Estadístico, D. Luis Estéban Cuadrado y D. José Vázquez García: á los cuales, vencidas ya muy considerables y temerosas dificultades de transporte, debió agregárseles en Tíjola su jefe inmediato, el veterano D. José Gutierrez Nieto, á quien, como por derecho, estaban reservadas las mayores: las de ascension al picacho de Tetica, yo no sé por dónde, ni de qué manera, ni creo que sepan explicarlo tampoco los mismos que ejecutaron, sin tropiezo grave ni avería de trascendencia, y hasta sin poner mientes en ello, ni darlo importancia maldita, semejante descomunal hazaña.

XII.

Para Tetica salimos de Madrid por distinto camino, ó dando la vuelta por Granada, D. Antonio Estéban y yo, en la noche del 19 de Setiembre. Pero, detenidos en Granada por la dificultad inesperada é imprevista de continuar marchando hácia Baza y Tíjola, la inaccion á que nos vimos reducidos, la impaciencia que de nosotros se apoderó, y el desasosiego en que vivíamos de mucho tiempo atras, quebrantaron mi salud, y quedé imposibilitado de proseguir el viaje. Por disposicion mia, y con grandísima repugnancia suya, adelantóseme el dia 24 mi buen compañero el Sr. Estéban, cediendo á las imperiosas exigencias del deber, que sobre ambos, casi por iguales partes, pesaba. Y en la madrugada del 28, mal repuesto de mi que-

branto todavía, emprendí yo la caminata hácia Guadix y Baza. Antes de llegar á la primera de estas dos ciudades, agregóseme el auxiliar D. Luis Estéban, despachado desde Tíjola en socorro mio; y por cierto que me le prestó muy eficaz: ya con su apreciable compañía, ya con las noticias de que nuestros instrumentos nos aguardaban en salvo en la cumbre de Tetica, y que la operacion geodésica, preliminar de la astronómica, estaba para entónces muy adelantada y á punto de terminar.

XIII.

El 28 descansamos en Baza, y el 29 fuimos á dormir á Tíjola. Pero ¿dormimos en realidad?—Prescindiendo de los últimos chispazos de fiebre, que todavía me traian algun tanto desconcertado, buen sueño necesitaba yo para dormir, despues de recibida hácia la media noche una carta, que el jefe de Comunicaciones de Baza, mi antiguo amigo D. Miguel Bellido, me remitió con un peaton, encargado de alcanzarnos ántes de que nos enfrascásemos en las escabrosidades de la vecina sierra.

La carta, fechada en M'Sabiha el 24 de Setiembre, era del Sr. Perrier: y en ella, despues de narrarme entusiasmado los trabajos geodésicos ya practicados, me decia este señor, entre otras cosas, lo que sigue:

«Ayer divisé la luz de Tetica, á la simple vista, con la misma claridad que el resplandor de un faro inmediato, y la de M'Sabiha no debia columbrarse peor desde el vértice español. Ambas luces, sin embargo, presentan para nuestros trabajos astronómicos futuros *un grave inconveniente:* el de no ser constantes, como las de petróleo en los colimadores ordinarios; ó el de experimentar frecuentes variaciones de intensidad, y áun eclipses totales, procedentes de que los reguladores Serrin no son perfectos, ni los carbones tampoco; y, á veces tambien, de que los aparatos de emision, embarazosos y de difícil manejo, se desorientan ó varian de posicion: inconveniente grave, repito, que á toda costa debemos tratar de remediar.»

Y, para remediarle en lo posible, me proponia el Sr. Per-

recibimos el dia 12 del segundo mes; y, contando con que la operacion geodésica, vencidas ya las enormes dificultades de ascension é instalacion de los aparatos y de percepcion de las señales luminosas, podria terminarse ántes del 30, aceleramos el arreglo de nuestro demasiado voluminoso y complicado equipaje científico, y le despachamos el 14 hácia Tetica, por ferro-carril hasta la estacion de Alcantarilla, inmediata á Murcia, y desde allí por carretera, sendas, barrancos, arroyadas y precipicios, al término del viaje.

XI.

De la conduccion y cuidado de tan precioso convoy se encargaron en Madrid los jóvenes Auxiliares del Instituto Geográfico y Estadístico, D. Luis Estéban Cuadrado y D. José Vázquez García: á los cuales, vencidas ya muy considerables y temerosas dificultades de transporte, debió agregárseles en Tíjola su jefe inmediato, el veterano D. José Gutierrez Nieto, á quien, como por derecho, estaban reservadas las mayores: las de ascension al picacho de Tetica, yo no sé por dónde, ni de qué manera, ni creo que sepan explicarlo tampoco los mismos que ejecutaron, sin tropiezo grave ni avería de trascendencia, y hasta sin poner mientes en ello, ni darlo importancia maldita, semejante descomunal hazaña.

XII.

Para Tetica salimos de Madrid por distinto camino, ó dando la vuelta por Granada, D. Antonio Estéban y yo, en la noche del 19 de Setiembre. Pero, detenidos en Granada por la dificultad inesperada é imprevista de continuar marchando hácia Baza y Tíjola, la inaccion á que nos vimos reducidos, la impaciencia que de nosotros se apoderó, y el desasosiego en que vivíamos de mucho tiempo atras, quebrantaron mi salud, y quedé imposibilitado de proseguir el viaje. Por disposicion mia, y con grandísima repugnancia suya, adelantóseme el dia 24 mi buen compañero el Sr. Estéban, cediendo á las imperiosas exigencias del deber, que sobre ambos, casi por iguales partes, pesaba. Y en la madrugada del 28, mal repuesto de mi que-

branto todavía, emprendí yo la caminata hácia Guadix y Baza. Antes de llegar á la primera de estas dos ciudades, agregóseme el auxiliar D. Luis Estéban, despachado desde Tíjola en socorro mio; y por cierto que me le prestó muy eficaz: ya con su apreciable compañía, ya con las noticias de que nuestros instrumentos nos aguardaban en salvo en la cumbre de Tetica, y que la operacion geodésica, preliminar de la astronómica, estaba para entónces muy adelantada y á punto de terminar.

XIII.

El 28 descansamos en Baza, y el 29 fuimos á dormir á Tíjola. Pero ¿dormimos en realidad?—Prescindiendo de los últimos chispazos de fiebre, que todavía me traian algun tanto desconcertado, buen sueño necesitaba yo para dormir, despues de recibida hácia la media noche una carta, que el jefe de Comunicaciones de Baza, mi antiguo amigo D. Miguel Bellido, me remitió con un peaton, encargado de alcanzarnos ántes de que nos enfrascásemos en las escabrosidades de la vecina sierra.

La carta, fechada en M'Sabiha el 24 de Setiembre, era del Sr. Perrier: y en ella, despues de narrarme entusiasmado los trabajos geodésicos ya practicados, me decia este señor, entre otras cosas, lo que sigue:

«Ayer divisé la luz de Tetica, á la simple vista, con la misma claridad que el resplandor de un faro inmediato, y la de M'Sabiha no debia columbrarse peor desde el vértice español. Ambas luces, sin embargo, presentan para nuestros trabajos astronómicos futuros *un grave inconveniente:* el de no ser constantes, como las de petróleo en los colimadores ordinarios; ó el de experimentar frecuentes variaciones de intensidad, y áun eclipses totales, procedentes de que los reguladores Serrin no son perfectos, ni los carbones tampoco; y, á veces tambien, de que los aparatos de emision, embarazosos y de difícil manejo, se desorientan ó varian de posicion: inconveniente grave, repito, que á toda costa debemos tratar de remediar.»

Y, para remediarle en lo posible, me proponia el Sr. Per-

rier el abandono en absoluto, y sin más examen, del mencionado regulador; y el empleo, en su lugar, de una pequeña lámpara eléctrica, agregada al material científico de campaña, como á prevencion y por via de reserva; de mecanismo mucho más sencillo; y cuyos carbones debian moverse á mano, conforme se fueren consumiendo, de manera que sus puntas permaneciesen á distancia invariable una de otra, y siempre en el foco del colimador. Así oportunamente se hizo, previo el indispensable aprendizaje: y el resultado fué por extremo satisfactorio.—Pero ¿cómo yo, sorprendido en mi modesto albergue de Tíjola con la novedad del caso, habia de permanecer tranquilo en la noche mencionada, ante las dificultades imprevistas que á última hora surgian, y amenazaban esterilizar por completo todos nuestros esfuerzos?

Conviene, ademas, advertir que las variaciones de intensidad de las luces, y áun sus eclipses eventuales desesperadores, que tan inquieto traian, con razon sobrada, al Sr. Perrier, no se evitaron por completo, ni mucho ménos, con el cambio de lámparas y de sistema de regulacion. Ni podian evitarse tampoco. Como que la causa principal de su produccion procedia de la longitud enorme de la trayectoria luminosa, rasante á la superficie del mar, é interrumpida y contrariada sin cesar por las brumas y neblazos que entre Tetica y M'Sabiha formaban un denso velo, penetrable con suma dificultad y como por milagro, en la época borrascosa y condiciones excepcionales atmosféricas del año á que nuestros trabajos se refieren.

XIV.

Nuestra peregrinacion, de 26 horas en ferro-carril, entre Madrid y Granada, con un par de amenos trasbordos intermedios; en modesto carruaje, con los vidrios rotos y las portezuelas desvencijadas, de Granada á Guadix, faldeando la Sierra Nevada; en otro carruaje, de ménos pretensiones todavía, de Guadix á Baza; y en alborozada tartana de Baza á Tíjola, no sé si por mar ó por tierra en algunos trozos del camino, tocaba felizmente á su término. En la mañana del 30

de Setiembre, con dos guias delante, y montados en humildes y dóciles bestiezuelas, salimos del hospitalario pueblo de Tíjola, y en el acto comenzamos á escalar el cielo, para precipitarnos de pronto en el barranco ó abismo de Bayarque; tomar luégo por entre peñas rio arriba; y llegar, al cabo de un par de horas de navegacion, tropezando á cada paso con enormes pedruscos, ó desprendidos de las alturas por la accion desorganizadora lentísima del tiempo, ó arrastrados de súbito por la corriente en dias temerosos de lluvia torrencial é inundaciones tremendas, al pueblecito de Bacáres.—¿Han pasado por aquí los instrumentos? pregunté con insistencia á mis cariñosos acompañantes.—¿Y cómo no, me contestaron, si este es el mejor camino para llegar y subir á la Tetica?—Yo, de que aquello sea camino no respondo: de que no es tan bravo como otro, en seco, por donde, *cincuenta dias despues*, descendimos desde la cumbre de Tetica á Bayarque, ningun inconveniente tengo en responder. Y mejor que yo, responderia mi compañero D. Antonio Estéban, que no pereció despeñado en el descenso, porque sin duda la Providencia le destina á contemplar mayores maravillas.

Desde Bacáres, donde ni un momento nos detuvimos, no hay mucho que andar para llegar á la Tetica de su nombre: enorme protuberancia, como aislada en medio de un laberinto de sierras, por cima de las cuales sobresale altiva. Lo que hay que hacer es subir, subir sin respirar durante un par de horas, batallando con un viento furioso, cuyo silbido incesante destroza los oidos: y no de frente, lo que sería imposible; sino sesgando la montaña por el complicado derrotero con gran pericia explorado, y franqueado en lo posible, por el capitan de ingenieros Sr. Borres.—A las nueve de la mañana habíamos salido de Tíjola, y á las tres de la tarde, sin contratiempo alguno, acampábamos en las alturas, á 2.000 metros sobre el nivel del mar, en amor y compaña de nuestros buenos amigos los Sres. Lopez Puigcerver, Piñal y Estéban, que nos recibieron con los brazos abiertos.

XV.

El 1.° de Octubre la operacion geodésica, encomendada á

Puigcerver y Piñal, se hallaba muy adelantada, pero no terminada todavía; y como los instrumentos para ella necesarios ocupaban en la escueta cumbre de la montaña el reducidísimo espacio, único disponible, donde debian instalarse los astronómicos, miéntras aquellos señores no recibiesen órden superior de levantar el campo, Estéban y yo teníamos que permanecer de brazos cruzados, sin poder pensar seriamente ni áun en desembalar y reconocer nuestro voluminoso equipaje, por allí distribuido en el órden ó desconcierto en que dias ántes habia llegado. La instalacion astronómica exigia, ademas, nuevas construcciones de fábrica, que ni proyectadas sobre el terreno estaban siquiera, y para las cuales carecíamos de los materiales más precisos. Ladrillos, cal, yeso, arena, madera, todo fué menester irlo á buscar á Tíjola, á cinco horas de distancia, por sendas y derrumbaderos de que hemos procurado dar alguna idea. Antes, sin embargo, de que aquella tan anhelada órden llegase, el acopio de materiales estaba hecho; y, tan pronto como el dia 4 se recibió, procedióse á recoger y guardar los instrumentos geodésicos, y á explanar y agrandar en lo posible la plazoleta donde habian estado instalados, para levantar desde los cimientos los nuevos pilares de sustentacion de los astronómicos: *teodolito* de Repsold, destinado á la determinacion de la latitud del lugar y azimut de una direccion geodésica; anteojo de pasos ó *círculo meridiano*, de Brunner; *cronógrafo; péndulo* de Hipp; y aparato de emision y recepcion de las señales luminosas.

En la tarde del dia 6, Puigcerver y Piñal, con sus Auxiliares y el destacamento de soldados que habian tenido á sus órdenes, y que yo, como paisano, sin fuero de guerra ni autoridad militar de ninguna especie, consideré inoportuno conservar, descendieron de las alturas á poblado, justamente gozosos y satisfechos del buen éxito de su atrevida y delicada comision. Sinceramente creo, sin embargo, que en aquel momento les amargaba su natural alegría la idea de separarse de nosotros, dejándonos como abandonados entre aquellos solitarios y feroces riscos: iniciado ya el otoño, con cariz de no mucha bonanza, y comprometidos á intentar una nueva aventura. Con envidia y dolor los vi yo tambien descender hácia

Bacáres, y ocultarse tras las hondonadas y revueltas del camino; y pocas veces en mi vida recuerdo haber experimentado sentimiento tan grande de tristeza como entónces.

Cerrada la noche, se reunieron en torno mio los que desde aquel momento, y cada cual en su esfera, habian de ser mis colaboradores y compañeros: el ingeniero D. Antonio Estéban; los auxiliares Gutierrez Nieto, Estéban Cuadrado, y Vazquez García; el maquinista, encargado de la máquina de vapor y de las de Gramme para la produccion de la luz eléctrica, D. Guillermo Faller; y el cabo de ingenieros, auxiliar suyo, Pedro González. No eran muchos, pero eran buenos. Y creyéndolo así, despues de convenir en el plan de trabajos para el dia siguiente y dias consecutivos inmediatos, nos separamos animosos, y creo que dormimos todos apaciblemente, aunque no en palacio artesonado ni sobre mullido lecho de pluma.

XVI.

El dia 12 de Octubre, nuestra instalacion estaba concluida.

Defendido por una tienda de observacion, de dos metros de lado, y centrado en el mismo vértice geodésico, teníamos el teodolito de Repsold, con el cual ya en las dos noches anteriores habíamos comenzado á determinar la hora ó *estado* de nuestros cronómetros.

En el mismo paralelo de latitud, y al O. del pilar del teodolito, habíamos levantado otro pilar, donde descansaba, rectificado y orientado, y protegido de la intemperie por una barraca cuadrada de madera, de tres metros de lado, el círculo meridiano de Brunner.

Dentro de esta barraca, en el rincon del S. E., habíase erigido otro pilar de ladrillo, construido con el mayor esmero allí posible, contra el cual estaban afianzados, de un lado, el péndulo sidéreo de Hipp, y, de otro, el cuadrante simpático, indicador de las horas.

En el rincon del S. O., sobre un cajon atornillado al suelo de la barraca, funcionaba satisfactoriamente el cronógrafo.

El rincon del N. O. se hallaba ocupado, y en cierto modo inutilizado, por la puerta de entrada á tan rústico Observatorio.

Y en el del N. E. no faltaban trebejos útiles y áun indispensables que admirar, y donde tropezar tambien, al menor descuido de las personas encargadas de operar con ellos en tan aprovechado y mezquino recinto.

Pegando casi con esta barraca y con la tienda del teodolito, con las ventanas de frente á M'Sabiha, existia otra, en cuyo centro, sobre pilar bien macizado, instalamos el aparato de produccion y emision de la luz eléctrica. Y dentro de esta misma barraca, encima de las cajas de embalar ya desocupadas, dispusimos unos 40 elementos de pila Meidinger, destinados á entretener la actividad del péndulo, y al servicio del cuadrante simpático, del cronógrafo y del interruptor cadencioso de la luz, por medio de un sistema de conductores metálicos, tendidos entre ambas barracas, y afianzados interiormente á sus techos y paredes.

Tenia nuestra instalacion, así, por necesidad, arrebatadamente realizada, el grave inconveniente de que, estando recien hechos los pilares, sin fraguar casi unos con otros los ladrillos componentes, é impregnada de agua la construccion por todas partes, no era posible que los instrumentos que soportaban poseyesen desde luégo aquel grado de estabilidad y de firmeza, que para trabajar fructuosamente con ellos, con razon, se considera como punto ménos que indispensable.—¿Qué remedio?—Uno tan solo: el de rendirse sin combatir. Y á él ni por las mientes se nos pasó apelar en ninguno de nuestros muy frecuentes y graves apuros.

XVII.

Miéntras en la ereccion y organizacion de nuestro Observatorio estuvimos activa y agradablemente entretenidos, nadie reparó en lo que en torno nuestro sucedia y se preparaba. Y lo que sucedia era que por todos los barrancos y desfiladeros, afluentes al empinado promontorio donde acampábamos ó anidábamos, desembocaban inmensos pelotones de niebla, que se despeñaban por las vertientes, y rellenaban las hondonadas, y bullian por do quier, como gigantescas olas de mar embravecido, en efervescencia ó hervidero tumultuoso.

Detras, y entre tan tupido velo de vapores acuosos, en breve desaparecieron la mesa y faro de Roldan, el cabo de Gata y el plateado golfo de Almería; las soberanas cumbres de Sierra-Nevada; el oasis de Baza; y el laberinto de montes, cabezos y altozanos, que por el N. y N. E. limitaban nuestro horizonte. Por cima de la niebla, cada vez mas apretada y cercana, descollaba todavía el picacho de Tetica, como islote perdido en medio del Océano, coronado por cielo azul purísimo, donde, llegada la noche, brotaban refulgentes estrellas á millares. Pero ¿qué iba á suceder si la niebla ascendia un poco más, y nos envolvia en su seno, y luégo se condensaba y despedia, como de golpe, la mole irresistible de agua que atesoraba?—Lo que sucedió el dia 14, de infausta memoria en ambas provincias de Almería y Murcia: que se rompieron las cataratas del cielo, y la tierra gimió, aplastada y arrasada por el turbion descomunal, desprendido súbitamente de las nubes.

Aquel tenebroso dia, iluminado tan solo por la cárdena luz de los relámpagos, lo fué para nosotros de inquietud y contínua angustia; y bastante peor que el dia fué la noche, al contemplar inundado nuestro pobre albergue, y temiendo que los instrumentos de observacion, defendidos por cuatro endebles tablas y unas cuantas varas de lona, todo recia y como febrilmente amarrado á las peñas inmediatas, no pudiesen resistir las iras de la tormenta, y amaneciesen destrozados, y sin remedio fuera de servicio. Amaneció; escalamos presurosos la cumbre de la montaña; y penetramos en nuestro desamparado Observatorio. Y, aunque nos dolimos, como era consiguiente, del miserable estado en que le hallamos, consolámonos al punto con la persuasion de que nada muy grave habia sucedido á los instrumentos, y de que sus desperfectos y averías podian fácilmente remediarse, desmontándolos y limpiándolos cuidadosamente, y procediendo luégo á su reinstalacion y rectificacion con paciencia. De paciencia teníamos hecho á prevencion abundante acopio: y por eso, á los dos dias de pasada la borrasca, ya estábamos á flote, y en aptitud de aguantar cualquier otro percance por el estilo.

XVIII.

¿Qué era en tanto de Perrier: de Perrier, que nos suponia instalados á fines de Setiembre, y dispuestos á emprender las operaciones astronómicas al dia siguiente de terminadas las geodésicas? ¿No se habria cansado de esperar, y habria desamparado su estacion de M'Sabiha, maldiciendo de la informalidad de los españoles?—En la crítica situacion en que nos encontrábamos todo era lícito suponerlo: hasta lo que, para un observador tan experimentado y sereno como nuestro colega frances, constituia verdadera injuria. ¡Si hubiera sido ésta la única injustificada que le hice!

A tranquilizarnos, disipando las dudas y temores que nos atormentaban, llegó oportunamente á Tetica, en la mañana del 18, carta de Perrier, fechada en la costa de Africa el 14, y en la cual sustancialmente me decia:

«Trece dias há que estoy aguantando un temporal horroroso de nieblas, nubes y chubascos, sin poder distinguir desde mi campamento, ni siquiera la tersa é inmediata superficie del mar..... ¡Animo, sin embargo! Y no recele V. que yo me impaciente, conociendo su angustiosa situacion, y adivinando los cuidados é inquietudes que le rodean.....»

Y si esta carta nos devolvió el alma al cuerpo, júzguese de nuestra alegría cuando, cerrada la noche del mismo dia 18, columbramos en la direccion de M'Sabiha, de donde nunca, tras la postura del sol, desviábamos los ojos, el primer destello de la luz eléctrica, que nuestros compañeros de *ultramar* nos remitian. Enfilamos sin pérdida de momento nuestro aparato de emision; dimos á la máquina de vapor el máximum de fuerza; y cuando volteaba la de Gramme con velocidad vertiginosa, y el susurro y los chispazos eléctricos indicaban que se hallaba en plena actividad, aproximamos uno á otro los carbones de la lámpara: surgió entónces sobre la cumbre de Tetica vivísimo relámpago; y, condensado su resplandor en haz de fuego, propagóse instantáneamente desde allí hasta la costa septentrional africana.—¿Le percibirian los observadores que en aquella costa ansiosos le aguardaban, como

nosotros divisábamos la trémula centellita de allí procedente?— Pasaron algunos minutos de zozobra, al cabo de los cuales interceptamos súbitamente con una pantalla el resplandor por nosotros emitido; y en el acto se extinguió tambien la luz que absortos contemplábamos en lontananza. Separamos la pantalla interruptora; é instantáneamente volvió á surgir de las tinieblas del horizonte la luz que, respondiendo á nuestro deseo, poco ántes se nos habia eclipsado. Cien veces repetimos la misma prueba, de emision y ocultacion de la ráfaga eléctrica luminosa; y otras tantas apareció y se eclipsó la luz fronteriza, como si ambas se inflamasen y extinguiesen, obedeciendo á una sola voluntad y á un solo impulso. ¡Nos veíamos recíprocamente, y nos entendíamos! — Era cuanto por de pronto necesitábamos y podíamos ambicionar. Y fué tambien lo único que en aquella y la siguiente noche logramos hacer. El estado del cielo, y, más todavía, el júbilo casi infantil que experimentábamos, creo que nos hicieron perder el tino, de uno y otro lado del Mediterráneo.

XIX.

La primera noche útil de observacion fué la del 20, despejada, aunque de viento furioso en la Tetica.— Pero ¿quién se cuidaba ya del viento? El dia en que no soplaba de levante, soplaba de poniente, siempre tumultuoso y atronador. Y las horas muy eventuales de calma que disfrutábamos, sabíamos ya, por triste experiencia, que eran preliminares de nuevas borrascas, inevitables en aquella altura, y viniéndosenos á todo correr el invierno encima.

A las 7 horas de la noche, conforme lo convenido en París, ambas luces eléctricas ardian, y parecia que amistosamente se saludaban una á otra.

A las $7^{1}/_{2}$ se apagó la de M'Sabiha; y, pasado un minuto, pusimos en movimiento nuestro aparato interruptor, y emitimos, de 2 en 2 segundos de tiempo, 40 señales luminosas, que en los cronógrafos de ambos vértices quedaron registradas, del modo poco ántes referido. Con la última señal quedó

interceptada por breve rato nuestra luz, y comenzó á resplandecer la fronteriza, en los confines del horizonte.

Transcurrieron así 2 minutos, y en seguida emitió M'Sabiha hácia Tetica otras 40 señales acompasadas.

Por cuatro veces consecutivas se repitieron alternadamente ambas series de emisiones y ocultaciones de luz. Con lo cual, ántes de las 8 h.^{s}, la primera parte de la operacion proyectada estaba concluida; se apagaron ambas luces; y quedaron en tinieblas los dos vértices.

De las 8 á las 10 h.^{s} se observaron, con el anteojo de Brunner, los pasos por el meridiano de unas 20 estrellas, en dos distintas posiciones del instrumento, cuidando de incluir en el número un par de circumpolares, destinadas á facilitar el cálculo del azimut; y se determinaron, ademas, la inclinacion del eje de rotacion, la colimacion del eje óptico, y la paralaje de las plumas del cronógrafo repetidas veces.

A las $9^{1}/_{2}$ h.^{s}, sin abandonar la observacion astronómica, volvió á encenderse la luz de Tetica, en señal de que estábamos alerta y de que el cielo continuaba despejado; y desde M'Sabiha se nos hizo saber lo propio, por igual procedimiento.

De las 10 á las $10^{1}/_{4}$ h.^{s}, en suspenso las observaciones astronómicas, se repitió análogo cambio, reiterado y recíproco, de señales luminosas, necesarias para la comparacion de los péndulos de ambos vértices, al verificado con igual objeto, dos horas ántes.

Y, apagadas con esto resueltamente ambas luces, continuamos luégo observando nuevos pasos de estrellas por el meridiano, en posiciones inversas del anteojo, hasta hora muy avanzada de la noche.

Así se procedió en la del 20 de Octubre y en las pocas más consecutivas, favorables á la tarea que traíamos entre manos.

En tales noches no faltaba ocupacion á nadie.—Faller cuidaba de las máquinas de Gramme y de la lámpara eléctrica; miéntras su auxiliar Gonzalez, el mozo más campechano y satisfecho de la compañía, alimentaba la máquina de vapor, y la entretenia en actividad casi constante.—Gutierrez Nieto y Vazquez García acudian á todas partes, conforme era á cada

momento menester, y las eventualidades de la operacion lo exigian, en aquel empinado y áspero vericueto, donde nuestro implacable enemigo, el viento, todo lo zarandeaba y confundia, y amenazaba producir un destrozo irreparable.—Y los dos Estéban y yo pasábamos la noche encerrados en la barraca principal, preparando la observacion de las estrellas, cuidando del cronógrafo, y observando todo lo que se presentaba al paso, y era factible observar con provecho: sin poder casi respirar, ni rebullirnos, en tan angustiosa cárcel.

La situacion de D. Antonio Estéban y la mia no eran, sin embargo, tan tristes como la de nuestro sufrido auxiliar don Luis, especialmente encargado de vigilar la marcha del cronógrafo, de remediar, ó prevenirnos en el acto, cualquier avería ó entorpecimiento que en su mecanismo y modo de funcionar advirtiese, y de cargar incesantemente de tinta las plumas. Siquiera nosotros podíamos cambiar de postura, y sacudir de vez en cuando los miembros entumecidos por el frio; pero á él ni pestañear casi le era permitido: y allí, arrebujado entre mantas, y como clavado en un banquillo, le obligábamos á permanecer de cuatro á seis horas consecutivas. Mayor crueldad no se ha cometido con ningun hombre. Pero desempeñaba tan á gusto nuestro su, aunque modesto, importante cometido que, desoyendo obstinadamente la voz de la caridad, nunca nos decidimos á usar con él de misericordia. Consecuencia inevitable, y como premio en este mundo, de saber y querer cumplir con la obligacion que la suerte nos impone.

XX.

Tras las noches de observacion, venian los dias algun tanto despejados, ó de aspecto vario y horizonte limpio, ó siquiera tolerable: y en el estudio minucioso y rectificacion de los instrumentos astronómicos, en la limpieza y recorrido de las máquinas auxiliares, y en la preparacion del trabajo eventual para la noche próxima, se nos pasaban las horas sin sentir.—Don Antonio Estéban, asistido de Gutierrez Nieto, aprovechaba las más favorables, primeras de la mañana y últimas de la tarde, para determinar poco á poco el azimut de la direc-

cion *Tetica-Gigante*, utilizando el teodolito de Repsold, asentado, como ya hemos dicho, sobre el vértice geodésico del primer nombre. Y si la noche cerraba con horizonte encapotado por la niebla, y el casquete superior del cielo se conservaba, sin embargo, despejado, con el mismo instrumento continuaba luégo, ó emprendia con nuevos bríos, la determinacion de la latitud geográfica, por séries de distancias zenitales circunmeridianas de varias estrellas, distribuidas al N. y S. del zenit. — Los auxiliares Estéban Cuadrado y Vázquez García se ocupaban miéntras tanto, sin levantar cabeza ni mano, en la conversion numérica y ordenacion de las interminables señales estampadas, noche ó noches ántes, en la cinta del cronógrafo: trabajo delicado y penoso, en que cuidé de amaestrarlos ántes de salir de Madrid, y que desempeñaron con diligencia y esmero, por todo extremo loables.

¿Y los dias de cerrazon completa del horizonte, cielo encapotado, y lluvia, granizo ó nieve?—Aunque bastante más largos y enojosos que los otros, los pasábamos resignadamente: unas veces chanceándonos á propósito de nuestra misma lamentable situacion; y otras forjando risueños vaticinios sobre la próxima llegada del buen tiempo: ya guiándonos en tan arriesgado oficio, como aprendices de sábio, por las no muy significativas indicaciones del barómetro; ya, como míseros mortales, por el canto insolente del gallo, el triste balido de alguna oveja descarriada, el silbido amenazador de hambriento milano, el chisporroteo de la lumbre, ó la exacerbacion cruel de algun alifafe mal adormecido de nuestras propias averiadas máquinas. La esperanza estaba siempre con nosotros, y compañeras inseparables suyas son la paciencia y la alegría.

XXI.

A la noche del 20, ventajosamente empleada, sucedieron la del 21, cubierta; la del 22, transparente y hermosa como pocas, en Tetica, pero durante la cual, sin embargo, tuvimos el desconsuelo de no columbrar, ni por acaso, la suspirada luz de M'Sabiha; y la del 23, fosca y variable, con trabajo

utilizada por ambas partes, sólo durante sus primeras horas.— Desde el 24 al 29 aguantamos un temporal horroroso, de vientos desatinados, nieblas densísimas, que todo lo invadian y encharcaban, y aguaceros aturbonados irresistibles. Tan descompuesta estaba la atmósfera, que nunca como entónces temblamos por nuestros desamparados instrumentos; y, temerosos de un completo desastre, creimos conveniente, para prevenir sorpresas desagradables, dar cuenta de nuestro apuro al Director del Instituto Geográfico. Y de Baza y de Tíjola llegaron á lo alto de la sierra ofertas cariñosas de auxilio, que, si no aceptamos, agradecimos muy de veras, y contribuyeron á confortar nuestros un poco atribulados espíritus.—En la madrugada del dia 30 descargó sobre nosotros recia tormenta, acompañada de granizo, y seguida luego de nieve y agua en abundancia; amainó con esto el viento por la tarde; abriéronse de pronto las nubes, y se disiparon como por encanto las nieblas al ponerse el sol, y desde Melilla á Oran quedó desvelada y limpia como nunca la costa africana; y el cielo nos ayudó para poder trabajar, bien impensadamente y sin tropiezo, hasta muy adelantada la noche. Al descender á nuestro albergue, asentado en un escalon de la montaña, cosa de 30 metros más bajo que el vértice geodésico-astronómico, parámonos á contemplar la magnificencia de la bóveda celeste; y en aquel momento llegó á nuestros oidos, por la region de levante, un misterioso y acompasado susurro, de cuya procedencia adquirimos asombrados certidumbre completa al corto rato de atencion: era la voz potente del mar, amortiguada por la distancia de 45 á 50 kilómetros, que de la orilla más próxima nos separaba; pero muy distinta y perceptible todavía.— Otra vez se nos nubló el cielo el 31 de Octubre; y, aunque no nos maltrató tanto como el anterior el temporal en aquel dia iniciado, hasta la noche del 7 de Noviembre no volvimos á columbrar la luz de M'Sabiha, y á entendernos con nuestros colaboradores de la Argelia. En la del 9 fundamos, al declinar la tarde, grandes esperanzas, por desgracia ilusorias todas. Y sólo luchando á brazo partido con el hado adverso, conseguimos dar cima á la penosa determinacion de nuestra diferencia de longitudes geográficas en las del 10 y el 11, tan

foscas, y tan alborotadas sobre todo, como la mayor parte de las anteriores.

La fatiga por entónces comenzaba, si no á doblegar la voluntad, á quebrantar nuestras fuerzas; y algo por el estilo debia sucederles á Perrier y á sus compañeros, á juzgar por las noticias, siempre con júbilo recibidas, que los últimos correos nos aportaron. En carta del 4 de Noviembre nos escribia Perrier: «Os compadezco, amigos mios, pues no lo debeis pasar demasiado bien en las alturas. ¿Y cómo no compadeceros cuando desde aquí columbro los relámpagos que serpentean hácia la region donde estais encaramados?» — La compasion era recíproca: pues, en la situacion de cuerpo y espíritu en que unos y otros nos encontrábamos, el mayor castigo de nuestras culpas y el tormento mayor que podia imponérsenos, era el de permanecer inactivos, aherrojados por una fuerza superior, contra la cual la voluntad humana nada vale, y con la espectativa de riguroso invierno en próxima lontananza.

Aunque con lo hecho en las dos últimas noches mencionadas, del 10 y 11 de Noviembre, nuestro trabajo de campo podia considerarse terminado, todavía en la del 12, de bonanza relativa, volvimos á encender la luz de Tetica con la esperanza de que M'Sabiha nos contestase, y el deseo, muy natural despues de tantos infructuosos afanes, de afianzar con un tornillo más el resultado satisfactorio de la operacion. A nuestro llamamiento que, como voz quejumbrosa en el desierto, tal vez se perdió y extinguió entre los repliegues y ondulaciones de la bruma marítima, nadie respondió, por lo ménos en términos perceptibles, durante las cinco primeras horas de la noche: lo cual nos hizo creer que tambien los observadores de M'Sabiha daban por rematada la comun faena. Y así nos lo certificó en la mañana siguiente un telegrama de Perrier, que, dando la vuelta por Oran, Argel, Marsella, Madrid, Granada y Baza, acertó á subir hasta la cumbre de Tetica, y calmó el desasosiego y zozobra en que vivíamos.

XXII.

El dia 13, sin embargo, no dimos punto final á nuestros

trabajos, ni nos ocurrió por un momento proceder á desmontar y guardar los instrumentos. Estéban necesitaba y queria redondear sus observaciones de azimut y latitud, como á ratos perdidos, verificadas con el teodolito de Repsold; y yo deseaba tambien poner á prueba, en la determinacion de la misma latitud, el círculo meridiano de Brunner, como anteojo de pasos únicamente utilizado hasta entónces.

Prescindiendo del viento, que nos maltrataba segun costumbre suya intolerable; del frio, que nos agarrotaba los dedos, y nos acariciaba el semblante con la suavidad de un rastrillo; y del descenso de la columna barométrica, nuncio de nuevos temporales borrascosos, el dia mencionado estaba bellísimo como pocos: y, por tarde y noche, trabajamos en consecuencia desesperadamente, como quien se ahoga cerca de la orilla, y, fatigado de la lucha, pretende, sin embargo, salvarse con el despliegue supremo de la mermada energía que todavía le resta. Dormimos apénas, y soñamos con dar cima á la tarea que nos habíamos propuesto realizar tan pronto como despertásemos. Pero despertamos para ver cómo el cariz del cielo se arrugaba y entristecia en la tarde del 14, y empeoraba por momentos el temporal en el transcurso del 15; y para quedar, en fin, aprisionados en nuestro albergue ó guarida, por la nieve y el hielo, en la mañana del 16: el dia más terrible de cuantos en aquellas alturas soportamos.

Pasando trabajosamente por cima de la nieve congelada, ascendimos de nuevo al vértice el dia 17, y completamos las observaciones pendientes, hasta donde, en circunstancias tan críticas y desfavorables, podian completarse. Y en la faena hubiéramos insistido algunos otros más dias aún, si lo hubiésemos creido absolutamente necesario, y advertido, sobre todo, algun síntoma de que la tenaz perturbacion de los elementos atmosféricos cedería en breve.—Pero, como de esto último no abrigásemos ya esperanza, procedimos resignadamente al desarme y empaque de los instrumentos, máquinas y enseres varios de observacion, en los dias 18 y 19; y, dejando su custodia, y el cuidado de su peligroso descenso á poblado y transporte luego á Madrid, á cargo de Gutierrez Nieto y del personal subalterno á sus inmediatas órdenes, en la tar-

de del 20 abandonamos la montaña, y fuimos Estéban y yo á pernoctar en el pueblo de Tíjola, donde se nos hizo por la autoridad local un recibimiento afectuosísimo, que ni esperábamos, ni por ningun concepto merecíamos.

XXIII.

¿Cuál ha sido el resultado de nuestra laboriosa campaña? Ménos feliz yo que el Sr. Ibáñez, al reseñar los trabajos puramente geodésicos, esta es la hora en que no puedo decirlo. Ocupaciones urgentísimas, durante largo tiempo desatendidas, y el consiguiente quebranto de mi salud, me han impedido consagrarme de lleno al cálculo y análisis de la multitud de observaciones astronómicas, efectuadas para determinar la diferencia de longitudes geográficas entre M'Sabiha y Tetica. Adelantado está, sin embargo, este trabajo; pero no terminado. Ni se terminará miéntras el Sr. Perrier y yo no nos avistemos de nuevo, confrontemos nuestras observaciones y resultados parciales, y volvamos á determinar, por via de comprobacion, la diferencia de nuestras ecuaciones personales, algun tanto incierta, ó variable en el transcurso del tiempo, y sólo determinada en París, como preliminar indispensable de la comun campaña. Por eso yo no me hubiera precipitado á dar cuenta á la Academia de lo hecho por la Comision á mi cargo, si, ante consideraciones de otro órden, muy atendibles, no me hubiera creido en el deber de cambiar de propósito. Y lo que hemos hecho, en suma, ha sido algo más de lo que yo nunca me imaginé ni esperé que podria hacerse: ménos, sin embargo, de lo que hubiéramos deseado realizar, para quedar completamente tranquilos, y en honra de nuestra pátria. Nadie conoce esto último mejor, ni lo deplora más, que nosotros.

Los cálculos concernientes al azimut de *Tetica-Gigante*, á cargo del Sr. Estéban, como lo estuvieron las observaciones, tampoco están terminados á la fecha presente; y en via de ejecucion se encuentran asimismo los, igualmente prolijos, de la latitud del primer vértice, determinada, como el azimut, con el teodolito de Repsold. Pero del resultado satisfactorio de ambas determinaciones ni por un momento desconfio: cono-

ciendo la especial aptitud de mi compañero para semejante clase de trabajos, de la cual, en expediciones científicas análogas, tiene ya dadas suficientes pruebas.

Lo que sí conocemos, por ser el cálculo suyo muy rápido y sencillo, es el valor de la misma latitud, deducido de las observaciones que con el círculo de Brunner hice yo, en posiciones inversas ó simétricas del anteojo, en las noches del 13 y 17 de Noviembre: valor que apénas si discrepa algun *segundo* del desprendido de la triangulacion geodésica, partiendo de la latitud del Observatorio de Madrid y azimut de *Madrid-Hierro* (vértice el del último nombre, asentado en la cumbre de Guadarrama), años há determinados.

Conocidos el esmero y precision con que en los trabajos geodésicos españoles se ha procedido desde un principio, y que tanto han contribuido á realzar en el extranjero el buen nombre de España, semejante concordancia de resultados, obtenidos por procedimientos casi esencialmente diversos, no parece que debe sorprender á nadie, ni ofrecer interes alguno: para mí, sin embargo, aunque tal vez sin demasiada razon, le tiene grandísimo.

Cuando en Agosto de 1871, por disposicion tambien del Director del Instituto Geográfico, determinamos mi compañero del Observatorio de Madrid, Sr. D. Vicente Ventosa, y yo, la latitud de *Llatías* (vértice geodésico de la cadena central española, situado cerca de Santander, pegando casi con el mar Cantábrico), la diferencia de resultados, geodésico y astronómico, ascendió á cosa de 12 ó 13″: que representa, en unidades lineales, cerca de 400 metros.

Tan considerable diferencia, de ser cierta, no podia explicarse sino atribuyéndola á la *desviacion de la vertical*, eficacísima en los resultados de las observaciones circunmeridianas, puramente astronómicas, y á duras penas perceptible en los de triangulacion geodésica ordinaria: desviacion que debia cambiar de signo, y producir efectos opuestos á los ahora advertidos, cambiando de lugar, ó por referencia á otro vértice, de condiciones geográficas, ó topográficas, inversas en cierto modo á las del primero.

Con esta idea, y deseando saber á qué atenernos sin tar-

danza, desde la costa del Cantábrico nos trasladamos, á fines de Setiembre, á la vertiente del Mediterráneo; trepamos á la sierra de Jolúcar, en las estribaciones de la Alpujarra marítima; y acampamos en el vértice austral de la cadena de triángulos mencionada, cerca y al oriente de Motril, en el cerro denominado *Conjuros*. La diferencia de resultados que perseguíamos ascendió en este lugar á unos 10″; pero, conforme esperábamos, el signo era opuesto al de la diferencia análoga anterior. Junto al mar Cantábrico, la latitud astronómica superaba á la geodésica, y ésta á la astronómica á la vista del Mediterráneo: las verticales divergian, pues, una de otra, algo más de lo exigido por la distancia lineal de ambos vértices, Llatías y Conjuros: como si el promontorio peninsular ibérico constituyese un centro secundario de atraccion, comparable, aunque de intensidad naturalmente mucho menor, al de todo el globo terráqueo.

Pero esta desviacion de las verticales, comprobada por nuevas observaciones, hechas en el cabo de Peñas y en la costa de San Sebastian, al Norte; en la mesa de Roldan, al Oriente; y en el Observatorio de San Fernando, al Sur, ¿era realmente producida por el conjunto de nuestro territorio, ó simplemente por las *atracciones locales*, hácia el Sur una y hácia el Norte otra, de las cordilleras Cantábrica y Penibética, ó de cualesquiera de sus innumerables ramificaciones?

Para decidirlo, nada mejor nos parecia que la instalacion de los instrumentos en el nudo central de la segunda de estas cordilleras, sobre la misma cumbre de Mulhacen, con las causas locales de atraccion y desviacion á los piés del observador, y en torno suyo simétricamente, en lo posible, distribuidas. Y á Mulhacen proyectamos, por de pronto, ir con éste y algun otro objeto científico especialísimo, y á su temerosa cima hubiéramos trepado sin reparo, si las dificultades de instalacion, mayores allí que en la Tetica, y la imposibilidad de permanecer en aquellas regiones transcurrido el mes de Setiembre, no nos hubieran obligado á desistir, con verdadera pesadumbre, de semejante propósito, por algun tiempo con fruicion acariciado. Instalados en la provincia de Almería, en medio de otro laberinto de montañas, léjos tambien del

mar, y en condiciones de observacion completamente distintas que en Llatías y Conjuros, lo que no pudo hacerse en Mulhacen, natural era que lo ensayásemos en el otro vértice, digno rival suyo por los varios conceptos mencionados. Por eso prolongamos unos pocos dias más nuestra penosa estancia en aquellas agrestes soledades; y no nos pesa haberla prolongado: ya que sirvió para demostrarnos que la discordancia de resultados, astronómicos y geodésicos, en algunos vértices advertida, es puramente eventual, y procede de causas inmediatas, ó de *atracciones* propiamente *locales*, agentes, en consecuencia, sin órden ni ley; y no de una *atraccion integral* ó sistemática, correspondiente á la mole de nuestra Península, y cuyos efectos podrian, si así fuera, preverse desde luégo, y hasta cierto punto calcularse con antelacion.

Concluyo, de análogo modo que empecé, suplicando á la Academia me dispense el fastidio que este relato mio, inconexo, atropellado, y sin verdadera importancia científica, ha debido necesariamente producirle. Mi deseo, lo mismo al emprender la expedicion á Tetica, que al redactar la presente nota, destinada á caer muy pronto en completo olvido, merecia más bien aplauso que censura: ¿qué culpa tengo yo de que mis fuerzas no alcancen á donde llega irreflexiva mi voluntad?— La culpa será de quien, dispensándome excesiva confianza, en uno y otro caso me impuso obligaciones, por cuyo buen cumplimiento acaso habré batallado en vano; y tambien lo será de la Academia, que, sin merecimientos dignos de premio alguno, años há que me acogió en su seno, y se ha prestado á oirme benévola esta noche, y ha demostrado, en fin, interes, que nunca agradeceré bastante, porque de mis insignificantes palabras quede estampado algun vestigio.

Madrid 15 de Febrero de 1880.

Miguel Merino.

CIENCIAS FÍSICAS.

PROGRESOS DE LA TELEGRAFIA ELECTRICA.—TRASMISION SIMULTANEA.

Conferencia sobre los teléfonos y fonógrafos, dada por Mr. Jamin, miembro del Instituto y profesor de la Escuela politécnica en la Facultad de París (*).

(Continuacion.)

En vez de tomar un diapason, que es ya un instrumento de música, basta dirigir una corriente de aire hácia la boca, dándola sucesivamente las formas correspondientes á la *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, y oimos distintamente las mismas vocales. El orificio conductor del gas sirve aquí de laringe, y es el sitio de una série, de un conjunto de pulsaciones sonoras, producidas por la corriente de gas. La boca las recibe y refuerza sucesivamente las que constituyen el timbre de cada vocal. Este esperimento, muy sencillo y muy á propósito para demostrar, es debido á uno de los alumnos de mi laboratorio, Mr. Blondlot.

El mismo experimento puede repetirse sustituyendo la boca con una serie de resonadores de Helmhotz; pero da peor resultado.

He concluido la primera parte de mi tarea. He tratado de manifestaros cómo se produce la palabra humana, y las séries particulares de vibraciones que le dan su maravillosa variedad, su complicacion infinita. Para llegar á trasmitirla ó reproducirla, se necesita únicamente hallar el medio de trasmitir ó de reproducir las séries sucesivas de las vibraciones que corresponden á las sucesivas palabras que pronunciamos. El teléfono ha resuelto el primer problema, el fonógrafo ha resuelto el segundo.

(*) Tomada y redactada por los Sres. Jorge Maneuvrier y Krouckoll.

II.

Antes de entrar en la esplicacion del teléfono, es decir, del instrumento que trasmite la palabra humana, es de interés demostrar cómo el aire trasmite las vibraciones de la voz. Supongamos una llama de gas que ha atravesado una tela metálica, y que, muy ligera y movible, oscila como un fuego fátuo; esto es lo que se dice una *llama sensible*. Si se guarda silencio, permanece tranquila; por el contrario, se agita al percibirse el menor ruido. Si se habla al lado de ella marcando bien las palabras, cada emision de voz se traduce por un movimiento de la llama. No es, pues, esta llama mas que una porcion de gas visible, y el aire ambiente ejecuta por la accion de la palabra, los mismos movimientos vibratorios que agitan la llama sensible.

El primer teléfono conocido es el aparato muy comun que se vende en todas las tiendas de juguetes, y se conoce con el nombre de *porta-voz de hilo:* se compone de dos tubos de hojadelata que llevan por un lado una membrana tirante y un hilo de algodon ó seda que atraviesa el medio de las dos membranas. Pueden dos personas sostener una conversacion en voz baja, aplicando una de ellas la boca á uno de los dos tubos, y la otra el oido al otro tubo, y cuidando solo de que el hilo esté tirante. Al hablar delante de la primera membrana se la hace vibrar, y este movimiento se trasmite por el hilo á la segunda, que reproduce la palabra. Es muy fácil mostrar cómo funciona este aparato: para ello se pone un espejito con la segunda membrana, haciendo llegar un rayo de luz, que reflejado marque en una pantalla un punto luminoso. Este punto está inmóvil; pero cuando una de las personas habla delante de la primera membrana, se ve vibrar el punto luminoso sobre la pantalla; lo que demuestra que la segunda membrana ha recibido las vibraciones de la primera. Puede decirse que este pequeño instrumento es del género del verdadero teléfono, del teléfono de Bell. No se conoce su inventor: algunos dicen que fueron sencillamente dos muchachos de Marsella; debo confesar, sin embargo, que un aleman

ha reclamado la prioridad de la invencion; pero nunca faltan alemanes que pretendan descubrirlo todo. Lo cierto es que este instrumento está muy generalizado, y es muy antiguo. Se tiene uno traido de Nueva-Granada por Mr. Eduardo Anché, que en 1876 fué encargado de una comision por el gobierno francés. El aparato se llama *fonoscopio*, y sirve de juguete á los niños; los dos tubos son de caña hueca de bambú; las membranas, pedazos de vejiga comun, y el hilo es algodon silvestre y de 60 metros de longitud. Segun las personas inteligentes del país, se conoce allí desde la conquista española.

Análogos instrumentos se encuentran tambien en manos de los habitantes de la República del Ecuador.

Llegamos al teléfono de Bell, que es un instrumento de los más sencillos. Se compone de dos partes idénticas: el *trasmisor* donde se habla, y el *receptor* donde se escucha. Tiene la membrana como el aparato anterior, solo que aquí es una lámina de acero muy delgada y elástica colocada en el fondo de una especie de pequeño tambor, cuya parte superior sirve de boca al instrumento. Se habla delante de ella, y la membrana recibe la série de vibraciones que constituyen la palabra, las cuales es necesario trasmitir y reproducir. Pero para trasmitirlas, en vez de un hilo, se emplea ese agente tan misterioso y útil que se llama electricidad, cuya naturaleza íntima no conocemos, pero cuyas propiedades sabemos hasta el punto de aprovecharnos y valernos de ellas. Detrás de la membrana, y perpendicular á ella, hay una varilla de acero imanada, sobre la cual se arrolla un pequeño carrete de alambre de cobre, cuyo estremo se une á otro carrete semejante en la otra parte del aparato.

Como entre el imán y la membrana de hierro hay relaciones íntimas, sucede que si se aproxima al iman es atraido el magnetismo de este, y si se separa es rechazado; es decir, que cada movimiento de la membrana, y por consiguiente cada vibracion de la palabra, se traduce por un cambio en la emanacion del acero.

Segun una ley física, cada variacion del magnetismo del iman hace nacer en el alambre de cobre una corriente eléctrica correspondiente. Es fácil demostrar este hecho. Hé aquí

un aparato muy ingenioso fundado sobre este principio: es el aparato esplosivo de Mr. Breguet, conocido tambien con el nombre de *puñetazo* de Breguet. En este aparato salta bruscamente arrancada una armazon de hierro, por ejemplo, con un golpe dado por un iman en forma de herradura. Produce esto una variacion de magnetismo en el iman, y por lo tanto una corriente inducida instantáneamente en un carrete próximo. Cortado en un punto el alambre del carrete, tiene bastante tension la corriente inducida para producir allí una chispa, que puede utilizarse para volar una mina á la distancia que se quiera. Poniendo en el punto de interrupcion un cohete, un golpe dado en el aparato de esplosion, le hace volar al momento.

En el teléfono, la série de corrientes de induccion, producidas por las vibraciones de la membrana, es lanzada en el aparato receptor que se halla en la otra estacion: en él producen variaciones de magnetismo idénticas á las que les han dado orígen, y estas variaciones de magnetismo del iman originan por sí mismas en la membrana del receptor, movimientos idénticos á los de la membrana del trasmisor. La repeticion de los movimientos vibratorios produce necesariamente la repeticion de los mismos sonidos.

Tal es el teléfono de Bell: tiene todos los caracteres de una gran invencion, la sencillez, la elegancia, y una utilidad incontestable.

Pudiera preguntarse cómo el autor ha llegado á este resultado.

Mr. Bell, que es irlandés, habita en Boston, donde es profesor de fisiología vocal, ó como diríamos nosotros, profesor en un colegio de sordo-mudos. Esta profesion le condujo naturalmente á estudiar la palabra y los medios de hacerla oir. Las circunstancias vinieron á dar todavía un interés más directo á sus estudios, y es que se casó con una de sus discípulas sordo-muda. Fácil es concebir que las necesidades de un trato frecuente entre los esposos, hayan inspirado al marido. Se dice que habla con Mme. Bell tocándola con el dedo con intérvalos más ó menos largos, segun el alfabeto de Morse. Cuando inventó su instrumento, no queria hacer mas que un telégrafo

cantor; trasmitir sonidos más ó menos fuertes, piezas de música. En cuanto á trasmitir el lenguage hablado, no pensaba entonces en ello; el mismo instrumento le reveló esta admirable cualidad; parece que por gracia superior se le ha concedido realizar este portento.

Desgraciadamente hay que gritar mucho con el teléfono, pues solo habla en voz baja, muy baja. Es una voz que parece que viene de las profundidades de una cueva; una voz de ventríloco, incompleta, con un timbre áspero y chillon. Para hacerlo oir es preciso que se coloque el oido en el receptor. Felizmente se ha perfeccionado, para que sea más sonoro.

El teléfono Gower, entre otros, constituye un verdadero perfeccionamiento del teléfono de Bell. Siendo la membrana mucho más ancha y el iman más fuerte, oye mejor, habla mejor y canta muy bien. Además lleva un avisador, esto es, un mecanismo para llamar la atencion, porque es de toda necesidad avisar al que se pone en comunicacion, que se le va á hablar, para que aplique el oido al instrumento y se prepare á escuchar. El sistema de avisadores mas sencillo es uno de los timbres eléctricos que se usan en la telegrafía comun.

Un trasmisor de teléfono que se halle establecido á bastante distancia, avisado para que se hable, que se cante, y despues que se haga oir una tocata cualquiera, trasmite al receptor sucesivamente la palabra, la cancion, y despues la tocata.

Muchos instrumentos se han inventado que tienen el mismo objeto que el teléfono Bell; pero que parten de principios diferentes.

Entre los que son más ingeniosos ó más curiosos, deberemos citar:

1.° El teléfono de Mr. Antonio de Breguet, ó teléfono de mercurio.

2.° El teléfono de Mr. Edisson, y su electromotógrafo.

3.° El condensador cantante.

El teléfono de mercurio es una aplicacion del principio del electrómetro capilar de Mr. Lippmann. Mr. Antonio Breguet ha dado diversas formas á su aparato: una de las mas sencillas consiste en un sistema de dos electrómetros Lippmann rudimentarios, cubiertos cada uno de una membrana elástica,

y ligados entre sí por dos hilos conductores, como las dos partes del teléfono Bell. Hablando delante de la membrana del primer tubo, que sirve de trasmisor, vibra la membrana, y sus vibraciones producen las correspondientes del mercurio en el estremo capilar. Los movimientos del mercurio originan corrientes que se trasmiten al aparato receptor, en el cual reproducen los fenómenos recíprocos, es decir, los movimientos del mercurio, las vibraciones de la membrana, y los sonidos correspondientes.

Presenta, pues, este teléfono los mismos caracteres de sencillez que el teléfono de Bell: funciona tambien sin pila, y el receptor es idéntico al trasmisor. Ambos instrumentos deben su sencillez á la reversibilidad de los fenómenos, principio en que están fundados.

Por el contrario, en el teléfono de Edisson, el aparato receptor es esencialmente distinto del trasmisor, y ambos están fundados en principios diversos.

El trasmisor y el receptor se hallan reunidos por dos hilos conductores que forman los hilos de la línea. El trasmisor forma parte de un circuito cerrado, en el cual pasa de una manera contínua la corriente de una pila local. Se compone de una membrana elástica sobrepuesta á un par de láminas de platino que tienen entre sí un disco de carbon. Este sistema constituye un conductor, cuya resistencia varía con la presion, y por consiguiente con el número de puntos de contacto del metal y del carbon. Hablando delante de la membrana, vibra, y sus movimientos vibratorios se comunican á este órgano, modificando los contactos, y por consiguiente la resistencia. Sabido es que á cada variacion de resistencia corresponde una variacion en la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito. En este mismo circuito se halla un carrete de induccion, en que la corriente de la pila sirve de corriente inductora; y sabido es que en tales condiciones cada variacion de intensidad de la corriente inductora produce una corriente inducida. Estas corrientes inducidas son las que se envian al receptor por intermedio de un hilo de línea que vuelve al carrete. El teléfono de Bell sirve generalmente de receptor para el trasmisor de carbon. Sin embargo, Edisson por su parte ha ideado un

sistema receptor, que se llama el *electromotógrafo*. Este receptor está formado tambien por una membrana elástica, que puede ponerse en vibracion por un procedimiento nuevo, sumamente curioso. Un pequeño resorte de acero fijado por un estremo á la membrana, termina por el otro en una punta delgada de platino. La punta se apoya en la superficie de un cilindro metálico, cubierto de una sustancia particular de base de fosfato de cal. El cilindro es movible alrededor de su eje, y se le hace girar por medio de un manubrio. El rozamiento de la superficie del cilindro contra la punta embotada, basta para arrastrar levemente esta, como tambien el resorte, lo cual da cierto impulso á la membrana. Mr. Edisson ha descubierto, que si una corriente eléctrica pasa por el cilindro por el punto de contacto y por el resorte, el rozamiento durante este movimiento queda considerablemente modificado. Cuanto mas roce haya, mas se forzará el resorte, y mas impulso se comunicará á la membrana. Si, por consiguiente, se lanza una série de corrientes instantáneas en el cilindro mientras que se le hace dar vueltas, se imprimirá á la membrana una série de impulsos sucesivos que la harán vibrar. Esto es lo que sucede con tal instrumento. Hemos visto cómo las vibraciones de la membrana del trasmisor producen una série de corrientes inducidas; estas pasan por el cilindro, imprimen á la membrana del receptor una série de impulsos que la hacen vibrar, de manera que se reproduzcan los sonidos como en el teléfono de Bell.

En el aparato establecido para hacer el esperimento, el trasmisor está lejos, el receptor está á la vista. Por medio de un avisador que el aparato lleva, se da órden de que hablen bajo, mientras no se toca al cilindro, no se percibe nada; pero desde el momento en que gira, se percibe la voz. Cantando una pieza cualquiera conocida, se percibe igualmente mientras se hace girar el cilindro. Por último, si se toca una flauta, se ve con qué fidelidad, con qué precision y qué pureza de timbre reproduce el sonido el instrumento.

El condensador cantante es un aparato telefónico, compuesto de un trasmisor y un receptor. El trasmisor está lejos, unido á varios receptores que se preparan en diversos puntos

de un anfiteatro. Son pequeñas cajas de carton, de forma aplastada, sin tapa, suspendidas aquí y allá. Cada una de estas cajas es un condensador formado por hojas de estaño separadas por otras hojas aisladoras de papel comun fino. Las hojas metálicas de número par están unidas entre sí; las de número impar lo están igualmente. Se conoce desde luego que hay un condensador comun múltiple. Mr. Varley ha construido el aparato utilizando el hecho descubierto por Foucault, de que una série de corrientes inducidas, alternativamente directas é inversas, enviadas á un condensador, le hacen producir un sonido. Desde luego se concibe, en efecto, que la sucesion de cargas y de descargas correspondiente á la sucesion de las corrientes inducidas, puede hacer entrar en vibracion un cuaderno de hojas que sean mas ó menos elásticas. Con un número de hojas que varien entre 20 y 50, y unos 500 cambios de corriente por segundo, se obtiene un sonido muy fuerte. Estas corrientes vienen de un carrete de induccion unido por sí mismo al aparato trasmisor. Son producidas por la palabra y por intermedio de una membrana cuyas vibraciones establecen una série de interrupciones en la corriente de una pila local que sirve de corriente inductora. Si se manda por medio de un avisador que se cante á lo lejos en el trasmisor, se oye que cada uno de los condensadores se pone á repetir la cancion. Esto consiste en que el timbre de la voz se halla alterado por la sobreposicion del timbre particular á las vibraciones de la hoja de papel.

Las esplicaciones que se acaban de dar, van á facilitar especialmente la esplicacion del fonógrafo. Se trata ahora, no de trasmitir la palabra á distancia en el momento mismo en que se pronuncia, sino de recoger, de escribir y de fijar el discurso á fin de reproducirle mecánicamente en el momento en que se quiera. Este descubrimiento pertenece incontestablemente al Sr. Edisson, pero habia sido preparado por estudios sérios que se deben á un inventor francés. Permitidme hablaros ahora de él, y de recordar sus títulos, algun tanto olvidados.

Un cajista, llamado Scott de Martinville, fué el primero que tuvo la idea de recoger y de inscribir todos los sonidos, y llegó á realizarlo por medio de un gran aparato que presen-

tó á la *Sociedad de emulacion* en 1857, con el nombre de fonautógrafo. Es un gran vaso de boca ancha, y va estrechándose hasta terminar en punta: la cavidad tiene una forma geométrica tal, que los sonidos que entran en él son reflejados sobre las paredes, y van á reunirse en un foco donde se sobreponen y acumulan en una vibracion mucho mas intensa. Diré de paso que esta forma geométrica es un paraboloide de revolucion. En el foco se halla estendida una membrana y sobre ella hay fijo esteriormente un estilo ligero, pero duro, como, por ejemplo, una pua de jabalí. Toda vibracion esterior producida en la boca de la cavidad, se concentra en el foco, rompe la membrana, y el estilo la repite. Si es un discurso hablado, cada sílaba, cada palabra, cada frase, pone sucesivamente el estilo en movimiento, y queda á propósito para escribirlas, es decir para trazar las vibraciones que constituyen tales palabras ó frases.

Para conseguir tal objeto, se coloca debajo del vaso un cilindro cubierto de negro de humo, animado de un doble movimiento de rotacion y de traslacion delante del estilo que le toca ligeramente. Se concibe desde luego que el estilo trazará todos sus movimientos sobre el cilindro ahumado. Hablando en las cercanías, cada palabra se escribe á su vez en forma de patas de mosca complicadas, separadas por líneas que no son vacilantes, y que marcan los intervalos de las palabras. Forma por lo tanto una verdadera escritura posible de interpretar. Hubiera sido necesario escribir las diferentes sílabas, y aprender de este modo á reconocer los símbolos. De ellos hubiera podido pasarse á las voces y á las frases, como se hace con el alfabeto Morse. Esto es lo que Scott queria hacer; pero lo que no hizo ni ha podido, triste es decirlo, por falta de algun dinero para costear sus aparatos y sus ensayos.

(*Se continuará.*)

31 MAR 1886

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

Enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa.—Primera operacion.—Enlace geodésico, por D. Cárlos Ibáñez..... 129
Segunda operacion.—Enlace astronómico, por D. Miguel Merino..... 149

CIENCIAS FISICAS.

Progresos de la telegrafía eléctrica.—Trasmision simultánea *(Continuacion.)*..... 181

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 4.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1880.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

	Rústica.
Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales: tomo 1.°—Ciencias naturales	50 rs
Id. id.: tomo 2.°, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte	20
Id. id.: tomo 3.°—Ciencias físicas	50
Id. id.: tomo 4.°—Ciencias naturales	50
Id. id.: tomo 5.°, parte 1.ª—Ciencias naturales	20
Id. id.: tomo 6.°—Ciencias físicas	50
Id. id.: tomo 7.°—Ciencias exactas	50
Id. id.: tomo 8.°—Ciencias naturales	50
Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales: 20 tomos, cada uno	24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año	24
Id. en provincias, 4 id. id	30
Id. en el extranjero, un año	36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales, y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 100 rs. cada uno.

CIENCIAS FÍSICAS.

DE LA ELECTROLISIS CUANTITATIVA DEL AZOGUE Y DEL COBRE.

(Continuacion.)

De la electrólisis del cobre.

El método de analizar el cobre por la corriente galvánica, inventado por Mr. Luckow, y premiado por la Administracion de las minas de Mansfeld, en Prusia, se anunció como procedimiento de segura y exactísima aplicacion al ensayo de minerales pobres, comprendiendo bajo esta denominacion á los que no rinden más de 15 por 100 de metal. En 1875 tuve necesidad de plantear un laboratorio para ensayar los minerales conocidos en el comercio con el nombre de Barrillas de Corocoro (1), que contienen cuando menos 75 por 100 de cobre, y suelen pasar de 90 alguna vez, latones de diferentes leyes, cobres negros y afinados, etc.; y tengo seguridad de que, sin abandonar los preceptos de Mr. Luckow, modificando solo, en el vaso de descomposicion, la posicion de los eléctrodos, y regularizando la fuerza de la batería, se pueden alcanzar, en el ensayo de estos minerales y productos ricos, resultados tan satisfactorios como los que se obtuvieron en Mansfeld con los

(1) Nombre de una aldea de la República de Bolivia, en que radican las minas que producen el polvo de mineral ó barrillas. Dista 50 leguas del puerto de Ariga, al que se conduce á lomo el mineral. Se sirven para este trasporte de llamas, que cargan cada una dos sacos de á dos arrobas.

minerales pobres. Desde aquella época, en Cartagena (1) y en Madrid se han hecho centenares de ensayos de minerales, productos metalúrgicos, aleaciones, monedas, aguas vitriólicas, etc., de los que se han entresacado los ejemplos reunidos al final de esta reseña.

1.° Para el ensayo de monedas de cobre, cáscaras de cementacion calcinadas y sin calcinar, cobres negros y afinados, para las aleaciones, matas y otros productos metalúrgicos y minerales, que contengan más de 30 por 100, se toma medio gramo, ó uno entero si se quieren apreciar milésimas, en balanzas sensibles al milígramo. Uno ó dos gramos, si la ley está comprendida entre 30 y 10 por 100. De dos á cinco gramos, de los que tengan ménos de 10 y más de 1 por 100, y de cinco á 10 gramos, cuando su ley no llegue á 1 por 100.

2.° Los minerales, productos metalúrgicos, etc., de composicion desconocida, ó que evidentemente contengan azufre, arsénico, mercurio nativo, cinabrio, mercurio córneo ú otro compuesto de este metal, despues de reducidos á polvo, se *calcinan* en una cápsula de porcelana de unos cuatro centímetros de diámetro, calentándola á la llama de la lámpara de espíritu de vino, de doble corriente, ó á la de un mechero de gas, ó en una mufla. Al principio, y mientras dure el desprendimiento de los cuerpos volátiles (arsénico, azufre, mercurio, etc.), el calor debe ser moderado; cuando cesen los vapores, se echa en la cápsula medio gramo de carbon vegetal en polvo, se mezclan el carbon y el mineral con un alambre de hierro doblado por la punta á manera de rastro, y se eleva la temperatura hasta enrojecer la masa, para quemar todo el carbon. Esta operacion es breve, cuando se ensayan minerales que contienen poca pirita, como los de Corocoro, los carbonatos azul y verde, las matas muy ricas en cobre, y los núcleos de calcinacion, y dura á lo sumo 15 minutos. La calcinacion de los que son muy ricos en azufre, como los minerales de Riotinto y los cobres piritosos y grises en general, suele durar de 25 á 30.

(1) En el laboratorio de la fábrica que la Sociedad metalúrgica de San Juan de Alcaráz ha establecido en el barrio de Santa Lucía, y que ha estado á cargo de D. Felipe de la Escosura.

El objeto de esta operacion prévia es, además de volatilizar el azufre, arsénico, mercurio, antimonio, etc., oxidar el hierro y enrojecer el óxido formado, que pierde, como es sabido, por la accion del fuego, la propiedad de disolverse en ácidos diluidos, en los que el óxido de cobre, por el contrario, se disuelve con la mayor facilidad, aunque se prolongue la calcinacion á una temperatura elevada.

No es absolutamente indispensable la calcinacion, porque los minerales piritosos, cobres grises, matas y demás compuestos sulfurados, pueden disolverse en agua regia, y evaporando las disoluciones á sequedad, y calcinando los resíduos, se consigue eliminar el azufre, arsénico, mercurio, etc., y la mayor parte del hierro, como si previamente se hubiera calcinado el mineral. Por este medio se han obtenido los mismos resultados que por calcinacion; pero nos parece mas breve y seguro calcinar, antes de disolverlos, todos los minerales y productos metalúrgicos de composicion desconocida, ó que, con evidencia, contengan arsénico, azufre, mercurio, antimonio y otros cuerpos volátiles.

3.° Las monedas, el laton, bronce, metal blanco, y las ligas ó aleaciones en general, los cobres afinados, y muchos de los llamados negros, y las escorias, no necesitan calcinacion, y se disuelven directamente en la mezcla de ácidos y agua de que se trata en el número 4, despues de reducidos á láminas, limaduras, ó á polvo.

4.° La disolucion que ha de someterse á la electrólisis, es decir, el electrólito, se prepara del siguiente modo: si se ensayan monedas, ligas, cobres afinados y demás sustancias que no necesitan calcinacion, se pesa la cantidad correspondiente á su ley, con sujecion á lo indicado en el número 1.°; y suponiendo que se haya tomado medio gramo, se echa en una cápsula de porcelana de fondo redondo, de 8 á 10 centímetros de diámetro, con 6 centímetros cúbicos de agua, que no es necesario que sea destilada, 6 de ácido nítrico puro de 26° del areómetro de Beaumé, llamado ácido nítrico normal, 2 de ácido sulfúrico, compuesto de volúmenes iguales de ácido á 66° y de agua, llamado tambien normal, y de un centímetro cúbico de ácido clorohídrico puro de 15 á 16°. Cuando se

tome un gramo de estas materias ricas en cobre, se duplicarán las cantidades de agua y de ácidos. Se coloca la cápsula en un baño de arena, calentándole con una lámpara de espíritu de vino de las comunes de vidrio, con un mechero de gas, ó con fuego de carbon, si se hacen varios ensayos á la vez, procurando en todo caso que el líquido no rompa á hervir. Despues de haber evaporado la mayor parte del agua y de los ácidos, y cuando empieza á formarse una masa sólida con las sales disueltas, se levanta la cápsula del baño, se echa un poco de arena fresca en el hueco que ocupaba el fondo, y se la coloca de nuevo sobre la arena fria, para evitar las proyecciones de líquido fuera de la cápsula, y las pérdidas consiguientes de metal. Cuando ya no quede más líquido y empiecen los vapores blancos, se introduce la cápsula en la arena del baño, para que, con la elevacion de temperatura, se desprenda el ácido sulfúrico escedente, y se descomponga el sulfato de hierro, si contuviera este metal la sustancia analizada. Cuando cesen los humos blancos, se quita el baño de arena y se calienta la cápsula al fuego directo de la llama de la lámpara de espíritu de vino, con lo cual aparecen de nuevo los vapores, y al cesar por completo, se da por terminada la operacion; la masa suele tener un color blanco ó blanco amarillento, ó rojizo, si contiene mucho hierro. La disolucion, en la forma descrita, se prepara debajo de una campana con chimenea de buen tiro, para no respirar los vapores sofocantes de los ácidos.

En la masa ó resíduo contenido en la cápsula, se encuentra todo el cobre en estado de sulfato cúprico anhidro; el hierro, casi todo, en el de óxido férrico, y una parte en estado de sulfato; la plata en estado de cloruro; el plomo y el zinc en el de sulfatos; el arsénico, el antimonio y el estaño, en el de ácidos arsénico, antimónico y estánnico; los ácidos nítrico y clorohídrico se han evaporado con el esceso de ácido sulfúrico; las sales enumeradas, á escepcion de la férrica, están completamente neutras. Despues de haber dejado enfriar la cápsula durante diez minutos, se trata la masa con 50 centímetros cúbicos de agua, que tampoco es necesario que sea destilada, con tal que no sea muy impura, y se calienta un

poco el líquido para facilitar la disolucion de las sales solubles, que son los sulfatos de cobre y de zinc por completo, una parte del sulfato de hierro, la porcion ácida de la sal, y una corta cantidad de sulfato de plomo indefectiblemente, si la sustancia analizada contuviera este metal. El arsénico y el antimonio, si la sustancia analizada no contiene grandes cantidades de estos cuerpos, se disuelven tambien. Se filtra el líquido claro, se lava el resíduo y la cápsula con agua, y se pasan por el filtro estas aguas de lavado en la forma descrita al hablar de la disolucion de los minerales de azogue (página 95). El líquido filtrado se recoge en un vaso de vidrio de 10 centímetros de altura y 8 de diámetro (*fig.* 8.ª), y ya sea con las aguas del lavado, ó añadiendo la necesaria, se forma un volúmen de unos 200 centímetros cúbicos próximamente. En el filtro quedan toda la plata (el oro, platino y bismuto, si la sustancia analizada los contuviera), casi todo el plomo y el óxido férrico, todo el estaño, la ganga insoluble y una parte del arsénico y del antimonio, si la cantidad de estos cuerpos contenida en la sustancia analizada, fuera de consideracion. El líquido filtrado contiene todo el cobre, todo el zinc (el niquel, cobalto, manganeso, cadmio y el aluminio), una corta porcion del hierro, arsénico y antimonio, y una porcion aún menor de sulfato de plomo. Los cuerpos disueltos con el cobre, ni se depositan en el polo negativo, ni estorban á la precipitacion completa de este metal, en las condiciones en que el ensayo se prepara. El plomo aparece en estado de óxido color de pulga, ó ácido plúmbico, $Pb0^2$ en el polo positivo, y el manganeso, cuando no tiene mucho hierro la disolucion, tiñe al líquido del color de púrpura, propio del ácido hipermangánico.

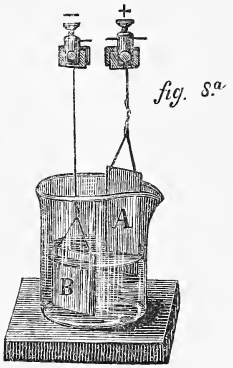


fig. 8.ª

Á los 200 centímetros cúbicos de disolucion, se agregan 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, y estos dos volúmenes, de 200 de disolucion y 20 de ácido, son fijos y

constantes para todos los minerales, monedas, ligas y productos metalúrgicos, cualquiera que sea la cantidad de mineral que se ensaye, entre los límites fijados en el núm. 1, segun la riqueza respectiva. Mezclando la disolucion y el ácido con un agitador, queda preparado el electrólito.

La marcha descrita para la disolucion es la más segura y exacta, porque evaporando á sequedad y disolviendo luego en agua, hay seguridad completa de haber eliminado el exceso de ácido, para que luego, en el electrólito, la relacion entre el agua y el ácido nítrico normal sea precisamente de 1 : 10. Pero se puede suprimir la evaporacion á sequedad, y abreviar, por consiguiente, las operaciones, al ensayar monedas, ligas, y aun minerales y productos metalúrgicos previamente calcinados, que no contengan mucho hierro, plomo en cantidad notable, y plata, en cuyo caso se encuentran las monedas de cobre, el bronce, el laton y el metal blanco que no haya sido plateado. Estas sustancias se disuelven de este modo: se coloca medio gramo en una cápsula de porcelana de 10 centímetros de diámetro con 6 centímetros cúbicos de agua, 6 de ácido nítrico normal, y 1 de ácido sulfúrico (1). Se calienta al baño de arena, como queda dicho, y una vez disuelto, se retira la cápsula del baño, se echa el líquido en el vaso descrito y se le mezcla con el agua suficiente para formar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y con 20 de ácido nítrico normal. Del mismo modo se preparan los electrólitos con minerales ó productos metalúrgicos que necesitan calcinacion prévia. Tomemos, por ejemplo, un mineral de los más pobres de Riotinto, cuya composicion puede representarse en números redondos del siguiente modo:

Cobre	1,50
Azufre	50,00
Hierro	44,00
Ganga	4,50
	100,00

(1) Si se ensayara 1 gramo, seria necesario emplear 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico normal, y 2 de ácido sulfúrico.

Se calcinan 2 gramos de mineral, empezando á una temperatura baja, y siguiendo las reglas indicadas en el número 2.°, cuidando al final de la operacion de descomponer completamente el sulfato de hierro. Se traslada el mineral calcinado á la cápsula de 10 centímetros de diámetro, se lava la que ha servido para la calcinacion con agua y dos ó tres gotas de ácido cloro-hídrico, y esta agua y la que pudiera resultar de la segunda y tercera locion, si se creyeran necesarias, se mezclan con el mineral. Despues se agregan 6 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, 1 centímetro cúbico de ácido sulfúrico normal; se evapora á sequedad en baño de arena, se *calcina* la masa al calor directo de la lámpara con que se ha calentado el baño, para desprender el ácido sulfúrico excedente, se redisuelve en agua, se filtra, se lava el residuo recogido en el filtro tres ó cuatro veces, se completa con agua el volúmen de 200 centímetros cúbicos, se añaden los 20 de ácido nítrico normal, y queda preparado el electrólito. El éxito depende de las dos calcinaciones, es decir, de la del mineral crudo y de la del resíduo de la evaporacion á sequedad. En la primera deben eliminarse el azufre y demas cuerpos volátiles. En la segunda hay que descomponer la sal férrica, para que se disuelva en agua lo menos posible de este metal (1). El procedimiento anterior se aplica á todos los cobres piritosos, cobres grises, matas, y otros cuerpos análogos en composicion.

La disolucion de las aguas vitriólicas naturales ó artificiales, se prepara del modo siguiente, que se diferencia poco del anterior: se evaporan á sequedad 20 centímetros cúbicos, mezclados con 6 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal y 2 de ácido clorohídrico; se calcina durante 5 minutos el resíduo de la evaporacion, se redisuelve la masa calcinada en 20 centímetros cúbicos de agua y 5 *de ácido nítrico normal*, se filtra y se lava hasta obtener 200 centímetros cúbicos, á los que se agregan 15 de ácido nítrico normal, para completar con los 5 anteriores los 20 que corresponden á los 200 de disolucion.

---

(1) Véase *Ejemplos*.

Las disoluciones de cloruro de cobre que artificialmente se preparan para beneficiar este metal, se evaporan á sequedad, mezclando 20 centímetros cúbicos de disolucion con 6 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, y 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico, tambien normal. Se calcina el resíduo, se redisuelve en agua y en 5 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, se filtra y se lava hasta completar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, á los que se agregan los 15 centímetros cúbicos restantes de ácido nítrico normal.

Para preparar la disolucion de las escorias, se empieza por molerlas una ó mas veces en mortero de ágata, hasta reducirlas á polvo impalpable. Se disuelven 2 gramos en 6 centímetros cúbicos de agua, 6 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, 10 centímetros cúbicos de ácido clorohídrico, y 4 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal. Se evapora en baño de arena á sequedad, se calcina la masa, se redisuelve el resíduo en agua con 5 centímetros cúbicos de ácido nítrico, se filtra y se lava hasta completar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y se agregan por fin los 15 centímetros cúbicos restantes de ácido nítrico. Si se toman 4 gramos de escoria, se duplican únicamente las cantidades de los ácidos empleados en la disolucion, pero conservando el volúmen de 200 centímetros cúbicos para el líquido filtrado, y los 20 de ácido nítrico normal, con arreglo á los preceptos de Luckow. El éxito en estos ensayos de escorias, depende esencialmente de la molienda, porque es indispensable reducirlas á polvo impalpable para que los ácidos puedan descomponer los silicatos.

Para determinar una cantidad cortísima de cobre, como, por ejemplo, el cobre contenido en el plomo del comercio, se disuelven 10 gramos en 40 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal y 40 de agua; efectuada la disolucion, se agregan 10 de ácido sulfúrico normal y 2 de ácido clorohídrico; se evapora á sequedad en baño de arena, y se continúa el fuego hasta que cese el desprendimiento de vapores de ácido sulfúrico. Se trata el resíduo con agua, se filtra y se lava, formando siempre el volúmen de 200 centímetros cúbicos, á los que se agregan 20 de ácido nítrico normal. Para 5 gramos se toma

la mitad de los ácidos y del agua de disolucion; pero se formará con el líquido filtrado un volúmen de 200 centímetros cúbicos, á los que se agregarán 20 de ácido nítrico normal.

5.° Preparada la disolucion ó electrólito, segun las reglas expuestas en el número precedente, se colocan, dentro del vaso en que está contenida, dos planchas de platino, suspendidas, una, *A* (*fig.* 8.ª), del polo positivo, y otra, *B*, del negativo. Las dos son próximamente iguales, tienen de 7 á 8 centímetros de largo por 4 de ancho, y pesan cada una de 5 á 10 gramos, segun su espesor, que no influye en el resultado. Luckow arrolla la del polo negativo en forma de cilindro ó de cono, y en vez de plancha en el polo positivo, coloca horizontalmente una espiral de alambre del mismo metal, ocupando el centro del vaso. Tambien yo uso, en vez de plancha, una espiral en el polo positivo, pero la coloco en posicion vertical, y no debajo, sino enfrente de la del polo negativo (*fig.* 2.ª, pág. 81). El cilindro ó cono de Luckow pesa de 15 á 20 gramos. He usado tambien muchas veces una plancha de $0^{m},110$ de largo y 0,045 de ancho, con peso de 15 gramos, y no he advertido diferencia en los resultados. Nuestros esperimentos prueban que, en las condiciones de los ensayos de cobre, el resultado es el mismo cuando el electrodo negativo tiene 30 centímetros cuadrados de superficie, que cuando tiene 50; pero que es conveniente, sobre todo para ensayar minerales ricos, monedas, cobres afinados, etc., que la superficie sumergida no sea menor de 30 centímetros cuadrados, porque los cristalitos de cobre se agrupan unos sobre otros al depositarse, y hay esposicion de que se desprendan al lavar y enjugar la plancha para pesarla. Este agrupamiento se observa poniendo en posicion vertical una espiral de alambre de platino en el polo negativo, cuya superficie (1) sea de 4 á 5 centímetros cuadrados. Tales resultados parece que envuelven cierta contradiccion con las opiniones de algunos físicos, cuya autoridad es irrecusable; pero debe advertirse que las diferencias entre las superficies que ellos han examinado, son mucho mayores que las que acabo de indicar, y que sus ex-

(1) La del alambre sumergido.

perimentos se refieren á la descomposicion del agua, y no á la electrólisis con depósito de un cuerpo sólido, como el del cobre. Las cantidades de gases que se recogen en dos voltámetros colocados en un mismo circuito, son, segun Mr. Gassiot y L. Foucault, tanto menores, cuanto mayores son los eléctrodos de platino. Cuando en el mismo voltámetro se emplean eléctrodos de superficie diferente, en el mayor se recoge menor cantidad de gas que en el menor, segun Delarive.

Jamin, en un esperimento, dió 15 centímetros cuadrados á la lámina de platino del polo negativo; en el positivo colocó un alambre muy fino, tambien de platino, y recogió en el ultimo 9 centímetros cúbicos de oxígeno, y en el negativo 5 de hidrógeno, en vez de los 18 que correspondian á los 9 de oxígeno. Cambió despues la direccion de la corriente, quedando, por consiguiente, la lámina de polo positivo y el alambre de negativo. En la primera recogió 1 centímetro cúbico de oxígeno, y en el alambre 9,3 de hidrógeno, cuando no correspondian mas que 2. Si la lámina llega á alcanzar una superficie considerable, se puede anular el desprendimiento en el polo que ocupe, mientras que se obtendrá gas en abundancia en el del alambre. Por fin, si en el mismo circuito se colocan dos voltámetros, uno con láminas en los dos polos y otro con alambres, este último descompone mayor cantidad de agua en el mismo tiempo, y desprende, por consiguiente, gases en mayor abundancia. (Daguin, *Traité elem. de Physique.* T. 3, pag. 519.—París, 1879.)

La plancha ó eléctrodo *A*, en vez de comunicar directamente con el polo positivo de la batería, va primero por el alambre horizontal de la *fig.* 1.ª á uno de los polos del galvanómetro, y del otro polo de este instrumento parte otro alambre *P*, que es el que directamente se pone en contacto con el polo positivo de la pila.

Para la electrólisis del cobre, la batería se compone de tres elementos, en vez de los seis que se han juzgado necesarios para la del azogue.

Si la ley del mineral pasa de 60 por 100, los eléctrodos *A* y *B*, durante las 15 ó 20 primeras horas, se pueden colocar en la posicion que indica la *fig.* 8.ª: el *A* penetra solo un cen-

tímetro ó centímetro y medio en la disolucion; el segundo llega hasta el fondo del vaso, y están separados el uno del otro unos 6 á 7 centímetros. Pasado ese tiempo, y hasta el final de la operacion, se sumerge tambien la plancha *A*, de modo que toque al fondo del vaso, pero conservando la distancia horizontal indicada.

Tambien en los ensayos de minerales ricos se suele aumentar la superficie de los eléctrodos, para lo cual se invierte la posicion de las planchas, colocando verticalmente el lado menor, y horizontalmente el mayor.

Á los pocos minutos de haber sumergido las planchas en la disolucion, ó la plancha y la espiral, si se emplea la última para el polo positivo, la *B*, correspondiente al polo negativo de la batería, adquiere un color hermosísimo de cobre metálico; y si la disolucion se ha preparado segun las reglas esplicadas, y los contactos son perfectos, lo cual puede verificarse por el desvío de la aguja del galvanómetro, que suele ser de 35° á 45°, segun la temperatura y el estado higrométrico de la atmósfera, todo el cobre se deposita en dicho eléctrodo en estado cristalino y brillante, sin formar flecos ni rebordes, y sin que se apose parte alguna en el fondo del vaso de disolucion, todo lo cual acontece cuando la temperatura es muy elevada ó demasiado enérgica la accion de la corriente, ó cuando no se ha preparado la disolucion en la forma descrita, ó no se han colocado los eléctrodos á distancia conveniente, ó la pila ha trabajado demasiado tiempo y hay necesidad de limpiarla. La temperatura en el laboratorio debe ser á lo menos de 12°, para que no marchen con demasiada lentitud los ensayos.

Cuando la disolucion, por descuido en las calcinaciones del mineral y del resíduo, contiene mucho hierro, los tres elementos de la batería son insuficientes para precipitar el cobre, porque este metal, durante la electrólisis, se disuelve con mas facilidad que en el ácido nítrico, en las disoluciones férricas. En tales casos, se aproximan los eléctrodos uno á otro, acortando la distancia horizontal que los separa; y cuando esto no basta, se aumenta el número de elementos de la batería hasta cuatro ó seis (1). (V. Ejemplos.)

Si un ensayo, por el contrario, marcha con demasiada rapidez, y por esta causa el cobre no se adhiere completamente á la plancha de platino, puede contenerse la energía de la corriente, segun repetidos ensayos de D. Felipe de la Escosura, añadiendo á la disolucion algunos milígramos de hierro (de 20 á 50) disueltos en unas gotas de ácido nítrico.

Los ensayos de sustancias ricas, como monedas, aleaciones, cobres afinados, etc., duran de 40 á 48 horas, segun la estacion. Las pruebas, para cerciorarse de si se ha precipitado ó no la totalidad del cobre, se hacen del modo que se esplicó para el azogue (pág. 97). Se añade el agua necesaria para que suba el nivel del líquido, en el vaso de descomposicion, 4 ó 6 milímetros, y se observa si las porciones de plancha ó alambre de platino del polo negativo *B* (*fig.* 8.ª), nuevamente sumergidas, toman ó no el color rojo del cobre al cabo de una hora, repitiendo estas pruebas, hasta que en una de ellas conserve el platino su blancura, en cuyo caso se da por terminado el ensayo.

Cuando los minerales contienen menos de 60 por 100, se colocan los eléctrodos de modo que toquen los dos al fondo del vaso desde el principio de la operacion, y puede acortarse á 4 ó 5 centímetros la distancia horizontal entre uno y otro; no hay tampoco inconveniente, si son pobres, en aumentar la energía de la corriente, empleando mayor número de elementos ó pilas mas poderosas. Pero como realmente se gana poco tiempo con esta variacion, creo preferible la batería de 3 elementos, con la cual en 24 ó 30 horas se terminan los ensayos de minerales de 1 á 10 por 100, y en 36 ó 40 los que contienen mas de 10 y menos de 30 por 100. En apoyo de esta conclusion, deducida de nuestra esperiencia, voy á referir los resultados de una autoridad en estas materias.

Desprestz ha estudiado la influencia del número de pares de la pila de Bunsen en el tiempo empleado en descomponer una corta cantidad de agua. Ensayó 2, 4, 16, 64, 128 y 256 pares, y observó que, de 2 á 4 y de 4 á 8, se ganaba en tiempo; que la reduccion de tiempo era cortísima, de 8 á 16, y casi insensible de 32 á 64 y de 128 á 256. (Daguin, *T. elem. de Physiq.*, t. 3.me, pag. 510.—París. Toulouse, 1879.)

Luckow, por su parte, ha observado que, durante la electrólisis de las disoluciones de cobre que contienen manganeso, y en las que á la vez la cantidad de hierro no es considerable, se forma ácido hipermangánico, que tiñe al líquido de un hermoso color rojizo. En los ensayos de algunas barrillas de Corocoro he observado este fenómeno, que en nada se opone á la completa precipitacion del cobre, y voy á referir un esperimento curioso que se hizo en Cartagena con uno de estos minerales. Se disolvió medio gramo del modo que va esplicado, y en vez de formar un volúmen de 200 centímetros cúbicos, se diluyó la disolucion hasta obtener 700 centímetros cúbicos, añadiendo como siempre 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico. Se puso este líquido claro en una cápsula de porcelana de 19 centímetros de diámetro, y los eléctrodos á 15 centímetros de distancia horizontal uno de otro, y se observó que, alrededor del positivo, se formaba una aureola del color de aurora, propio del ácido hipermangánico, sin que la coloracion se trasmitiera al resto del líquido. Se agitó un poco la disolucion, y toda ella adquirió el tinte del ácido, pero al poco rato, restablecido el reposo, perdió su color y volvió á formarse la aureola alrededor del polo positivo. Cuando las disoluciones no están muy diluidas y es corta la distancia entre los eléctrodos, todo el líquido toma color.

Una cortísima porcion del sulfato de plomo de los minerales, ligas y productos metalúrgicos de cobre, disueltos como queda esplicado, se disuelve en agua con el sulfato de cobre, y el plomo se deposita en la plancha ó espiral de platino correspondiente al polo positivo, comunicándola color pardo casi negro, ó solo amarillento, segun la cantidad disuelta.

6.° Terminada la precipitacion se saca del vaso de disolucion la plancha del polo negativo cubierta de cobre, del modo descrito en la pág. 97, para la de oro cubierta de azogue. Se la lava, y enjugándola con papel de filtro, se la pone á secar al aire en la habitacion de la balanza, en que precisamente se pesó la plancha de platino. El aumento de peso representa el cobre contenido en la cantidad de mineral, moneda, liga ó producto metalúrgico analizado, y por una proporcion se calcula la contenida en cien partes.

En Eisleben, se coloca el vaso de disolucion, al empezar el ensayo, dentro de una cápsula de porcelana ó de vidrio vacía; y para sacar la plancha y evitár que el ácido adherido á ella pueda oxidarla, se procede de este modo. Echan agua, poco á poco, dentro del vaso, para que, mezclándose con la disolucion, rebose y caiga en la cápsula vacía. Al cabo de un rato no queda en el vaso y en la cápsula mas que un ácido sumamente diluido, y entonces, y no antes, es cuando sacan la plancha y la lavan, primero con agua, despues con alcohol, y por último, la ponen á secar en una estufa. Procediendo con rapidez, y en la forma explicada en la pág. 97, se obtienen tambien resultados muy exactos.

En las 48 horas que son necesarias para precipitar á una temperatura de 18 á 20 grados el cobre de un gramo de moneda, cobre afinado ó mineral muy rico, se cuentan las del dia y de la noche, sin que la asistencia del ensayador sea necesaria desde el momento en que empieza la electrólisis. La rapidez de algunos otros sistemas de ensayo, se compensa en el de electrólisis, por la mayor sencillez en la operacion y exactitud en los resultados; y comparado con los procedimientos analíticos, resulta el nuevo método, más breve y correcto que todos los descritos en los *Tratados* de Química.

Ejemplos de monedas, aleaciones, minerales y productos metalúrgicos ensayados por electrólisis.

1.º *Cobre electrolítico de la batería*, depositado sobre la espiral del mismo metal de uno de los alambres *P* (*fig.* 1.ª).

Despues de lavado con ácido cloro-hídrico y con agua, y de haberle secado, se disolvió 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua, otros tantos de ácido nítrico normal, 4 de sulfúrico normal, y 1 de ácido clorohídrico. Se evaporó, en baño de arena, á sequedad (1), observando las reglas espli-

(1) Este ejemplo, y todos los que siguen, se copian de las notas del laboratorio, sin alteracion alguna; pero debo advertir que, posteriormente á la

cadas para esta operacion. Se redisolvió en 50 centímetros cúbicos de agua, y sin filtrar se echó esta disolucion y las aguas de lavado de la cápsula en el vaso de disolucion (*fig.* 8.ª), completando el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y agregando 20 de ácido nítrico normal. Se puso esta disolucion á la corriente de 3 pares, y siendo la temperatura media de 20 grados y el tiempo seco, terminó en 48 horas, depositando 1 gramo exactamente de cobre en la plancha de platino del polo negativo. Se repitió el ensayo con medio gramo disuelto en 6 centímetros cúbicos de agua, 6 de ácido nítrico, 1 de ácido clorohídrico y 2 de sulfúrico, evaporando á sequedad (1), redisolviendo en agua, formando siempre el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y agregando 20 de ácido nítrico normal. Dió tambien exactamente medio gramo.

En otra ocasion se ensayó del mismo modo otro medio gramo, y dió 99,806 de cobre.

2.° *Cobre afinado,* procedente de barrillas de Corocoro, beneficiadas en Cartagena. El mismo procedimiento que para el número anterior. Dió 99,60 por 100.

3.° *Cobre afinado de Wallaroo,* procedente de minerales de cobre nativo, beneficiados en Australia. Se siguió el mismo procedimiento que en los casos anteriores, y dió 99,46 por 100 de cobre.

4.° *Cobre de Riotinto,* en plancha, fabricada en San Juan de Alcaráz. Se ensayó lo mismo que los precedentes, disolviendo medio gramo en 6 centímetros cúbicos de agua, 6 de ácido nítrico, 2 de ácido sulfúrico y 1 de clorohídrico (2). La temperatura del laboratorio subió á 27°, y en 40 horas dió

---

fecha en que se hicieron, nos hemos convencido de que la evaporacion á sequedad es innecesaria en algunos casos. Así, para ensayar cobres puros, afinados, monedas y ligas que no contengan plata, bismuto ni azogue, basta disolverlos en los ácidos indicados, suprimiendo el clorohídrico, y poniendo la mitad del sulfúrico. En el ejemplo núm. 1, se disolveria 1 gramo en 12 de agua, 12 de ácido nítrico, y 2 de ácido sulfúrico, se completaria con agua el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y se añadirian 20 de ácido nítrico normal.

(1) Véase la nota anterior.

(2) Puede suprimirse la evaporacion á sequedad, no poniendo mas que 1 centímetro cúbico de ácido sulfúrico, y suprimiendo el clorohídrico.

96,80 por 100 de cobre. Se repitió el ensayo disolviendo 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico, 4 de sulfúrico y 2 de clorohídrico, evaporando, etc., y redisolviendo. Se completó, como en el anterior ensayo, el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y se agregaron 20 de ácido nítrico. En 48 horas, y trabajando á la misma temperatura de 27 grados, dió 96,58 por 100. El arsénico, antimonio, el talio y el poquísimo hierro que tienen los cobres de esta procedencia, aunque se afinen dos ó tres veces seguidas, se encuentran en el líquido, y se pueden precipitar con hidrógeno sulfurado, separándolos despues por los procedimientos indicados en los ejemplos de análisis insertos al final de esta reseña.

5.° *Cobre afinado del Castillo* (provincia de Sevilla). Ensayado como el anterior, dió 98,60 por 100, con indicios de plomo en el polo positivo. Este cobre se ha considerado siempre como el más puro de los que proceden de las piritas que se benefician en las provincias de Sevilla y de Huelva.

6.° *Moneda de 8 maravedises.* Sellada en 1842 con el busto de Doña Isabel II. Se lavó, frotándola, con una legía de carbonato de sosa, y despues con agua. Se pesó medio gramo. Se siguió en todo el procedimiento del número 1, empleando para la disolucion 6 de agua, 6 de ácido nítrico normal, 2 de ácido sulfúrico normal, y 1 centímetro cúbico de ácido clorohídrico (1). Dió 97 por 100; en la plancha del polo positivo se advirtió la mancha de ácido plúmbico, y en el líquido unos copitos blancos de ácido estánnico insoluble.

7.° *Monedas de 5 y 10 céntimos de peseta,* llamadas vulgarmente *perros chicos* y *perros grandes.* Se ensayaron por el método explicado en el núm. 1. El estaño que contienen se transforma en ácido estánnico, y queda insoluble en el líquido, sin estorbar para nada á la precipitacion del cobre; pero puede recogerse en un filtro si se quiere pesar. Despues de precipitado el cobre, se determina el zinc en el líquido, pre-

(1) Si se suprime la evaporacion á sequedad, que no es necesaria, se pondrá 1 centímetro cúbico de ácido sulfúrico, sin el clorohídrico.

cipitándole con carbonato sódico, ó con amoniaco y sulfhidrato amónico. En los diferentes ensayos que se han hecho de estas monedas, las leyes han variado entre 93 y 95,50 por 100 de cobre.

8.° *Moneda romana*, de las llamadas imperiales. Ensayada por el procedimiento del núm. 1, dió 98 por 100 de cobre, con indicios de plomo en el polo positivo.

9.° *Laton preparado en Cartagena*, con cobre Corocoro y zinc de Avilés. Se disolvió 1 gramo de plancha en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico, 4 de sulfúrico y 2 de clorohídrico. Se evaporó á sequedad en baño de arena, se redisolvió en agua, etc., y trabajando á 24° de temperatura, en 36 horas dió 67 por 100 de cobre (1).

10. *Dos muestras de metal blanco* sin platear (aleaciones de cobre, zinc y niquel). Se ensayaron como el laton del ejemplo núm. 9, y trabajaron á la misma temperatura. Una de ellas, de procedencia alemana, dió 59,60 por 100, y la otra, fabricada en S. Juan de Alcaráz, 64,00. El niquel y el zinc de estas ligas se encuentran en el líquido en que se ha depositado el cobre, y pueden separarse por los procedimientos descritos en los ejemplos de análisis de aleaciones, insertos al final de esta reseña. Si los metales blancos, llamados tambien mailchort, packfong, plata nueva, plata alemana, etc., estuvieran plateados, como ocurre con frecuencia, al disolver la liga, en vez de 1 centímetro cúbico se emplean 2 de ácido clorohídrico, sin alterar las proporciones indicadas para los demás ácidos, y al tratar con agua la masa evaporada á sequedad, queda insoluble el cloruro argéntico, que se recoge en un filtro, y se pesa despues de seco y calcinado ó fundido en un crisol de porcelana. Para no cometer algun error, deberá tenerse en cuenta si la liga contiene plomo, que en estado de sulfato, resultaria mezclado con el cloruro de plata.

11. *Barrillas de Corocoro* (cobre nativo con un poco de piritas de cobre y de hierro, cobre rojo y carbonatado, arséni-

---

(1) En los latones y metales blancos (véase núm. 10) que no están plateados, es innecesaria la evaporacion á sequedad. Véase la nota anterior, respecto á los ácidos.

co, manganeso y ganga de cuarzo). Se calcina, durante algunos minutos, en una capsulita de porcelana, medio gramo de mineral, y se disuelve despues en la mezcla conocida de 6 centímetros cúbicos de agua, 6 de ácido nítrico, 2 de sulfúrico y 1 de ácido clorohídrico, calentando en baño de arena. Despues de evaporado el líquido á sequedad y de calcinado el resíduo, se echan en la cápsula 50 centímetros cúbicos de agua, calentando un poco para facilitar la disolucion del sulfato de cobre, y este líquido y las aguas con que despues se lava la cápsula, se echan, sin filtrar, en el vaso de descomposicion. Se completan, como siempre, los 200 centímetros cúbicos, agregando 20 de ácido nítrico normal. De estos minerales se han hecho infinitos ensayos á temperaturas distintas, empleando siempre la batería de 3 elementos. Han durado desde 36 á 48 horas, con arreglo á su riqueza y á la temperatura del laboratorio, dando leyes comprendidas entre 75 y 91 por 100. Antes de sumergir los eléctrodos *A* y *B* (*fig.* 8.ª) en el vaso, se esperaba á que la ganga se depositara en el fondo y el líquido se aclarase.

12. *Minerales de Riotinto.* (Pirita de hierro con una corta cantidad de cobre y de ganga.) Se ensayaron, siguiendo el procedimiento descrito en la pág. 199, minerales de 2, 3, 5, y 8,20 por 100, dando todos ellos una coloracion hermosísima de cobre á la plancha de platino del polo negativo.

13. *Núcleo de calcinacion de Riotinto.* Se calcinó 1 gramo, y se disolvió despues en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico, 4 de ácido sulfúrico y 1 de clorohídrico, y dió 60,30 por 100 de cobre. El sulfuro cúprico puro contiene 66 por 100 de cobre.

14. *Cobre gris* de la mina Consoladora, término de Barbadillo de Herreros, provincia de Búrgos. (Sulfo-antimoniuro de cobre argentífero.—Variedad de cobre gris.) Se calcinó 1 gramo de mineral puro, en una capsulita de porcelana; al cesar los vapores, se mezcló con medio gramo de carbon vegetal en polvo, y se mantuvo al fuego, hasta que, á su vez, cesaron los nuevos vapores, y se consumió el carbon. Se disolvió el resíduo, trasladándole á otra cápsula de 10 centímetros de diámetro, en 12 centímetros cúbicos de agua, 12

de ácido nítrico y 4 de ácido sulfúrico. Se lavó la cápsula de calcinacion, primero con 2 centímetros cúbicos de ácido clorohídrico, y luego con 5 de agua, que se agregaron á la disolucion del mineral. Se evaporó á sequedad en baño de arena, se calcinó al calor de la lámpara, y se separó la cápsula del fuego cuando cesaron los vapores de ácido sulfúrico. Se disolvió, la masa seca, en agua, se filtró, se lavó tres veces, y completando el volúmen de 200 centímetros cúbicos, se agregaron 20 de ácido nítrico normal, y se espuso á la corriente de una batería de 3 elementos de Daniell, que llevaba tres dias de trabajo. Nos hemos servido de este aparato, como prueba, en esta y en otras varias ocasiones. En 34 horas se terminó el ensayo, dando á razon de 36,60 por 100, correspondiente á la fórmula $10\,Cu^2\,S + Sb\,S^5$. Del mismo modo se ensayan todos los cobres grises y piritosos, y las matas crudas ó calcinadas. Un ejemplar de cobre gris de la mina Nena, en Capileira (Sierra-Nevada), dió 20,70 por 100 de cobre.

15. *Cobres carbonatados*, verdes y azules, oxídulo de cobre ó cobre rojo. Se sigue exactamente el procedimiento descrito en el número precedente, inclusa la calcinacion, con la cual se elimina el azufre, ácido carbónico y el azogue, si estuvieran mezclados con cinabrio. Se han ensayado minerales de esta clase, que han dado de 2 á 18 por 100.

16. *Aguas vitriólicas*, procedentes de la cementacion artificial que se practicaba en Riotinto cuando las minas pertenecian al Estado. (Sulfatos de hierro, sulfato de cobre y de zinc, principalmente.) Se siguió el procedimiento descrito en la pág. 199, dando por resultado $1^{gr},460$ de cobre por 100 centímetros cúbicos de disolucion, ó $14^{gr},600$ por litro, ó $14^{kil},600^{grs}$ por metro cúbico.

17. *Escoria* de fundicion de minerales de cobre, en horno de cuba. De testura vítrea y color negro. Se disolvieron 2 gramos, siguiendo el procedimiento descrito en la pág. 200. Terminó el ensayo en 18 horas; y aunque no dió mas que á razon de medio por 100, la plancha de platino salió perfectamente teñida de cobre.

18. *Escoria* procedente de la fundicion de barrillas de

Corocoro, en horno de reverbero, en Cartagena, dió, por el método descrito en la pág. 200, $9^1/_2$ por 100 de cobre.

19. *Plomo en barra*, desplatado en Linares. Se ensayaron 10 gramos en la forma apuntada en la pág. 200. Dió 0,02 por 100 de cobre ó $^1/_{5000}$; y aunque la cantidad de cobre depositado no pasó de 2 miligramos, el color era perceptible en ambas caras de la plancha de platino sumergida en la disolucion.

20. *Cáscaras* de cementacion calcinadas. Es muy difícil tomar una muestra que represente con exactitud el término medio de su riqueza. Tamicé la muestra por un arnero del número 50, y ensayé la harina, disolviendo 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua, otros 12 de ácido nítrico, 4 de sulfúrico y 2 de clorohídrico; evaporé á sequedad, etc., y obtuve 60 por 100 de cobre. En la granza quedan botones y planchuelas de cobre cementado y del hierro empleado para la cementacion, y bolas blanquecinas de sulfato férrico básico. Para ensayarlas debe separarse el hierro con un iman y pesarle; fundir 10 gramos del resto con 20 de flujo negro y 3 de borax, cubriendo la mezcla con sal decrepitada; tomar nota del peso del boton de cobre que resulta de esta fundicion, y analizar, por electrólisis, medio gramo de este régulo. Se tomará en cuenta, para calcular el tanto por 100, el peso total de la granza, del que se restará el peso de las planchuelas de hierro separadas con el iman; el peso del boton de cobre resultante de la fundicion, y el tanto por 100 de cobre puro de este régulo. Con estos datos y el resultado del ensayo de la harina, puede calcularse el tanto por 100 de la cáscara ensayada.

Ejemplos de ensayos de minerales de cobre, suprimiendo la calcinacion.

Aunque hemos dicho que nos parece preferible calcinar préviamente los minerales de composicion desconocida, ó que contienen azufre y otros cuerpos volátiles, á disolverlos en agua regia, vamos á presentar algunos ejemplos de la marcha

que se ha seguido, para cerciorarnos de la exactitud de este segundo procedimiento.

1.º *Mineral rico de pirita de cobre*, procedente de Asturias. Calcinando 1 gramo de mineral, primero solo, luego con carbon, disolviendo en las proporciones conocidas de los 3 ácidos, calcinando el resíduo, etc., dió á razon de 27,70 por 100 de cobre.

Por separado se disolvió directamente un gramo, sin calcinacion prévia, en 10 centímetros cúbicos de agua, 20 de ácido nítrico, 5 de ácido clorohídrico y 3 de ácido sulfúrico; se evaporó á sequedad en baño de arena, y, *sin calcinar el resíduo*, se redisolvió en agua, se filtró y se completó el volúmen de 200 centímetros cúbicos, agregando 20 de ácido nítrico. Como casi todo el hierro se redisolvió, fué necesario aumentar hasta 6 los elementos de la pila, y poner á 3 centímetros de distancia horizontal los dos eléctrodos. Dió 27,30 por 100 de cobre. Se repitió el ensayo, pero se calcinó, el resíduo de la evaporacion, al calor directo de la lámpara (de vidrio) de espíritu de vino, y bastaron 3 elementos. Dió por resultado 27,52 por 100 de cobre.

2.º *Mineral pobre de Riotinto*. Calcinando el mineral y disolviendo despues en los ácidos, tantas veces repetidos, dió 2 por 100 de cobre con 3 elementos de la pila.

Se disolvió directamente 1 gramo de mineral en 10 centímetros cúbicos de agua, 20 de ácido nítrico, 5 de ácido clorohídrico y 4 de ácido sulfúrico. Se evaporó á sequedad en baño de arena, y *sin calcinar el resíduo* se redisolvió en agua, formando el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y añadiendo 20 de ácido nítrico. Se puso á la corriente de los 3 elementos, y al cabo de 30 horas no se advirtió la menor coloracion de cobre en el polo negativo. Se fueron agregando elementos, hasta formar una batería de nueve, se pusieron los eléctrodos á 2 centímetros de distancia, y entonces empezó á marchar. El termómetro marcaba 24°, y 48° la aguja del galvanómetro. En 30 horas dió exactamente 2 por 100, como en el caso precedente. Este ejemplo y el anterior, demuestran la resistencia que oponen las sales férricas á la precipitacion del cobre, y servirán de disculpa á la insistencia con que hemos

recomendado la calcinacion de los resíduos de las evaporaciones á sequedad, cuando se ensayan minerales y productos metalúrgicos que contienen mucho hierro.

3.° *Cobres grises* de las minas Consoladora y Nena (véase ejemplo núm. 14). Calcinados préviamente y ensayados segun queda expuesto en el número correspondiente, se repitieron las pruebas, disolviendo 1 gramo de cada uno, sin calcinar, en 10 centímetros cúbicos de agua, 20 de ácido nítrico, 5 de ácido clorohídrico y 4 de sulfúrico. Se evaporaron á sequedad en baño de arena, se calcinaron los resíduos, se redisolvieron en agua hasta formar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y agregando 20 de ácido nítrico, se pusieron las disoluciones á la corriente de 3 elementos. En 40 horas dieron los mismos resultados, con cortísima diferencia, que se anotan en el ejemplo núm. 14.

Separacion cuantitativa del azogue y del cobre.

Para separar el cobre y el azogue en un mineral que contenga ambos metales, puede seguirse el método siguiente:

Se calcinan 2 gramos en una capsulita de porcelana, como se explicó en la electrólisis del cobre, para desprender el azufre, arsénico y demás cuerpos volátiles, y entre ellos el sulfuro ú otro compuesto de mercurio contenido en el mineral. El resíduo de la calcinacion se disuelve en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico, 2 de sulfúrico y 1 de ácido clorohídrico, si es muy rico en cobre, ó en la mitad de estos ácidos, si su riqueza no pasa de 30 por 100. Si contiene mucho hierro ó alguna plata, se evapora la disolucion á sequedad, se calcina, se disuelve en agua y se filtra, lavando hasta completar los 200 centímetros cúbicos, y añadiendo los 20 de ácido nítrico normal. Esta disolucion se somete á la accion de la corriente, y se determina el cobre como queda explicado. Si no contuviera el mineral mucho hierro ni plata, se le disuelve despues de calcinado, y, sin evaporar á sequedad, se filtra y se lava en la forma descrita.

Para determinar el azogue, se toman de 2 á 5 gramos, segun la riqueza del mineral, se muelen perfectamente y se disuelven como si se tratara de un mineral de mercurio. En la disolucion filtrada, que contiene todo el cobre y todo el mercurio, se echan 3 gramos de zinc puro, que en frio precipita completamente al cobre y al mercurio, y se espera á que todo el zinc se disuelva. Tambien pueden precipitarse juntos por electrólisis el cobre y el azogue, y la operacion se dispone de este modo. Se echa la disolucion filtrada en una cápsula de platino puesta sobre un anillo de laton que comunique con el polo zinc de la batería de seis elementos. Dentro del líquido, y sin que toque al fondo de la cápsula, se sumerge una espiral de platino, colocada horizontalmente y en comunicacion con el polo cobre de la batería, y los dos metales, en forma de amalgama, se depositan en el fondo de la cápsula. El líquido que sobrenada á los metales, ya se hayan precipitado con zinc ó por electrólisis, se decanta, y se los lava con agua destilada y un poco de ácido clorohídrico repetidas veces. En seguida se echa en la cápsula una disolucion de cloruro férrico y unas gotas de ácido clorohídrico, y el cobre se disuelve por completo, quedando el azogue en el fondo. Despues de lavado con dos ó tres aguas, se puede pesar ó se trasvasa á una cápsula de porcelana y se le disuelve en caliente con ácido clorohídrico y clorato potásico, como si fuera un mineral de azogue, y se somete la disolucion á la electrólisis en la forma anteriormente descrita.

Hemos ensayado otro método para separar el mercurio y el cobre, pero no parece tan seguro. El cobre y el azogue, precipitados por el zinc, despues de lavados, se disuelven en 6 ú 8 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, y en esta disolucion se precipita el azogue con sulfato ferroso recientemente preparado. Se lava el metal repetidas veces con agua y ácido clorohídrico, y se pesa ó se disuelve como si fuera un mineral de azogue y la disolucion se somete á la electrólisis.

Apuntes históricos relativos á la Electrólisis cuantitativa de los metales.

La aplicacion de las corrientes eléctricas al ensayo del cobre es invencion del químico H. Luckow. En 1867, desempeñando la plaza de jefe del laboratorio de la compañía del ferro-carril de Colonia á Deutz, presentó á la direccion de las minas de Mansfeld su método especial de ensayar minerales de cobre, por electrólisis, en concurso con otros 15 opositores. El tribunal nombrado para conferir el premio de 4.500 reales, ofrecido al autor del procedimiento más práctico y exacto de ensayar los minerales cobrizos de Mansfeld, decidió en favor del sistema del Dr. Steinbeck, fundado en la propiedad que tiene el cianuro potásico de trasformar en líquido incoloro las disoluciones azules del óxido de cobre en amoniaco, y acordó además que se premiara tambien el método por electrólisis de H. Luckow, que inmediatamente se planteó en el laboratorio de Eisleben.

Propuso Luckow que se aplicara la corriente á una disolucion nítrica del cobre que contuviera 10 por 100 de ácido nítrico de 26°, y anuncia en su Memoria que el mercurio, la plata y el bismuto, disueltos en el mismo ácido, se depositan tambien en estado metálico sobre el eléctrodo negativo, y que si el mercurio y el cobre se encuentran en la misma disolucion, el primero empieza á precipitarse antes que el cobre, y luego se deposita una amalgama de los dos. Este mismo resultado hemos obtenido siempre en mi laboratorio, buscando la separacion por electrólisis de estos dos metales, separacion que Luckow considera muy difícil, si no imposible.

En *El Monitor científico* del Dr. Quesneville (1), en que se describe el procedimiento de electrólisis para determinar el cobre y el niquel en los minerales y aleaciones de estos metales, no se menciona al azogue. .

(1) *Moniteur scientifique* du Dr. Quesneville, 3.me serie, t. V, 397.me livrais Janv. 1875, pag. 32.

Pero, en cambio, en un periódico de Nueva-York, de fecha reciente (1), encontramos la siguiente nota:

«*Nuevo método de ensayar el mercurio.*— El profesor »F. W. Clark, de la Universidad de Cincinati, ha aplicado al »mercurio el método de electrólisis, puesto en práctica con »tanto éxito hace algunos años para el ensayo del cobre. La »disolucion de cloruro mercúrico, acidulada con ácido sulfú»rico, se coloca en una cápsula de platino que está en comu»nicacion con el polo zinc de una batería de 6 elementos de »Bunsen, cargada con bicromato de potasa. El extremo del »conductor del polo carbon, va unido á una plancha estrecha »y delgada de platino, que se sumerje en la disolucion. Al »principio se precipita cloruro mercurioso, pero poco á poco »se reduce á metal, de manera que, al cabo de una hora, »poco más ó menos, solo queda una masa de mercurio en el »fondo de la cápsula, cubierta por un líquido, en el cual el »amoniaco no produce el más leve precipitado. Cuando se »decanta este líquido ácido, el mercurio pierde su brillo, cu»briéndose de una película delgada. Este inconveniente puede »evitarse sacando el líquido claro con una pipeta, reempla»zándole con agua clara, y tomando al mismo tiempo la pre»caucion de conservar el contacto del mercurio con la cápsu»la de platino.»

Para no omitir nada de cuanto ha llegado á mi noticia acerca de la electrólisis, recordaré que H. Rose, en su inapreciable *Tratado de Análisis Química*, describiendo los métodos de reconocer cortas cantidades de mercurio mezcladas con sustancias orgánicas, y corrigiendo ó mejorando un procedimiento reformado antes por Orfila, se expresa en estos términos (2): «Más seguro es sumergir, en la disolucion clorohídrica que se examine, dos planchas que estén en comunicacion con una batería galvánica; una de ellas, de platino, con el polo positivo, y la otra, de oro, con el negativo, y de este modo el mercurio se deposita por completo sobre el polo negativo.»

(1) *The Iron Age*, New-York, Sept. 26, 1878. Metalurgical Notes, pág. 19.

(2) Aüsfürliches Handd. analit. chem., E. B. Braunschweig, 1851.— S 191.

Al poco tiempo del descubrimiento de la pila (1800) se observó que la corriente tenia la propiedad de descomponer las disoluciones de las sales metálicas, depositándose el metal en el polo negativo. Nicholson fué de los primeros que observaron tan interesantísima descomposicion, y Cruickshanks anunciaba al principio del siglo actual, que los metales se reducian (revivian) completamente por medio de la pila, y que este procedimiento parecia llamado, por su sencillez y exactitud, á contribuir poderosamente al adelantamiento de la análisis mineral. En 1805, Brognatelli escribia á Van Mons, comunicándole, entre otros hechos científicos, que habia conseguido dorar completamente, por medio de la corriente, dos medallas grandes de plata, sumergiéndolas, una despues de otra, en una disolucion de amoniuro de oro recientemente preparada y bien saturada.

Otros muchos han contribuido tambien con su ingenio y su trabajo al progreso de la industria electro-metalúrgica, principalmente al dorado, plateado y niquelado de los metales; pero no se mencionan tales descubrimientos en estos apuntes, porque se han redactado con el propósito de dar noticia únicamente de los descubrimientos que se refieren á la análisis cuantitativa de los metales por medio de la corriente eléctrica.

ANALISIS CUANTITAVA DE ALGUNAS LIGAS METALICAS.

Número 1.

Metal blanco.—Argentan.—Pacfong.—Plata alemana.—Aleacion compuesta de cobre, zinc y niquel.

Esta liga suele venderse en cubiertos, candelabros, bandejas y servicios de mesa plateados, y además de la plata del baño exterior, puede contener cortas cantidades de plomo, de antimonio, de hierro, de estaño y de cobalto, procedentes del cobre, zinc y niquel con que la liga se prepara y que rara vez se encuentran puros.

Si contiene todos los cuerpos nombrados, se analizará del modo siguiente.

Se disuelve un gramo de la aleacion, reducida á láminas delgadas ó á pedazos pequeños, en 12 centímetros cúbicos de agua y otros 12 de ácido nítrico normal, en un matraz de vidrio, al calor de la lámpara comun de espíritu de vino, haciendo descansar el matraz sobre un pedazo de tela metálica para que no reciba directamente el dardo de la llama.

El estaño se trasforma en ácido estánnico, insoluble, que se recoge en un filtro, y, despues de lavado y seco, se le calcina, con las cenizas del filtro, quemado aparte, en un crisol de porcelana tarado. Del peso del ácido estánnico se deduce el de estaño contenido en la liga. Cien partes de ácido estánnico contienen 78,66 de metal.

La corta cantidad de antimonio (1), que pueda contener el metal blanco, pasa en la disolucion con la plata, el cobre, el zinc, el plomo, el hierro y el cobalto.

---

(1) Cuando las ligas contienen además de estaño, antimonio en cantidad de alguna consideracion, al tratarlas con ácido nítrico quedan insolubles, todo el estaño, en estado de ácido estánnico y una gran parte del antimonio en el de antimoniato antimónico. Se separan por el método que se describirá en los ejemplos números 4 y 7.

La plata se precipita en la disolucion, mezclándola con 2 cents. cúbicos de ácido cloro-hídrico de 14 á 16°; el cloruro argéntico, insoluble, se recoge en un filtro, se lava con agua caliente, y se pone á secar, y se calcina ó funde en un crisol de porcelana tarado, con las cenizas del filtro, que se habrá incinerado aparte. Del peso del cloruro se deduce la cantidad de plata contenida en la liga. Cien partes de cloruro argéntico contienen 75,26 de metal.

En el líquido filtrado, se echan dos centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, y se evapora á sequedad hasta que cesen los vapores del ácido sulfúrico excedente, pero sin calcinar demasiado para no descomponer la sal de hierro. Se disuelve de nuevo la masa evaporada en agua caliente, se recoge en un filtro el sulfato de plomo, que se lava, se seca, se calcina y se pesa, lo mismo que los anteriores precipitados, con las cenizas del filtro, quemado aparte. Cien partes de sulfato plúmbico contienen 68,31 de metal.

Se diluye el líquido filtrado, que contiene todo el cobre, el zinc, el niquel, el hierro, el antimonio y el cobalto, con el agua necesaria para formar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, se añaden 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, y se determina el cobre, en esta disolucion, por electrólisis, segun las reglas apuntadas.

Terminada esta operacion, resulta un líquido que contiene una gran cantidad de ácido nítrico libre, y todo el niquel, zinc, hierro, cobalto y antimonio. Se pone á hervir esta disolucion y se hace pasar por ella, durante 10 minutos, una corriente de hidrógeno sulfurado, que precipita al antimonio en estado de sulfuro antimonioso, Sb^2S^3, compacto, sin mezcla de azufre, ni de otro sulfuro de antimonio. Se recoje este precipitado en un filtro tarado (1), y despues de lavarle con agua, se le seca á 120° y se pesa. Del peso del sulfuro se deduce la cantidad de metal contenida en la liga; 100 partes de sulfuro antimonioso contienen 83,56 de metal.

Se evapora á sequedad, terminando en baño-maría, la disolucion filtrada, con el doble objeto de separar el hidrógeno

(1) Para tarar el filtro se le seca primero en una estufa á 120°.

sulfurado, de que está saturada, y el exceso de ácido nítrico. Se disuelve en agua el resíduo, y se separa el hierro, haciendo hervir el líquido con unos cristalitos de clorato potásico, hasta que cese el olor á cloro, para trasformarle en óxido férrico, y mezclándole despues con una lechada de carbonato barítico, compuesta de 50 centímetros de agua y 2 gramos del carbonato. Se agita primero el líquido mezclado con la lechada y se le deja media hora en reposo y en sitio fresco, y se recoje en el filtro el óxido férrico mezclado con carbonato y sulfato baríticos. Se trata este precipitado, despues de lavado, con ácido cloro-hídrico diluido, y en la disolucion filtrada se precipita la barita con ácido sulfúrico diluido tambien, se pone á hervir el líquido con el precipitado, se filtra, y de la disolucion se elimina el hierro con amoniaco, en estado de oxido férrico. Este precipitado lavado, seco y calcinado se pesa en un crisol, tarado, con las cenizas del filtro, y de este peso se deduce la cantidad de metal. Cien partes de óxido férrico, representan 70 de hierro.

En el líquido que se filtró para separar el óxido férrico, mezclado con carbonato y sulfato baríticos, se encuentran el zinc, el niquel y el cobalto, con una corta cantidad de barita. Se separa esta, mezclando el líquido con dos centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, poniéndole á hervir unos instantes con el precipitado, y filtrando.

El zinc y el niquel se separan de esta disolucion por uno de los dos métodos siguientes:

1.º Se mezcla la disolucion con otra de carbonato sódico en exceso, y se pone todo á hervir para precipitar por completo los carbonatos de zinc y de niquel, que se recojen en un filtro, y despues de lavados y secos se calcinan en un crisol de porcelana para trasformarlos en óxidos. Se echan en el crisol dos gramos de azufre en flor, y dos de carbonato sódico seco, y se mezclan estos reactivos íntimamente con los óxidos; se tapa el crisol, que ha de tener capacidad suficiente para que no rebose la masa cuando esté fluida, y se funde la mezcla al calor de una lámpara de espíritu de vino, de doble corriente. El crisol, frio ya, se coloca en una cápsula de porcelana con 200 centímetros cúbicos de agua, y se

pone á hervir para disolver el sulfuro sódico, y separarle por decantacion y lavados repetidos de los sulfuros de zinc y de niquel (1). El crisol, bien lavado, se saca de la cápsula, y tratando los dos sulfuros metálicos con ácido cloro-hídrico diluido (25 centímetros cúbicos de agua y 5 de ácido), y calentando hasta que cese el olor á hidrógeno sulfurado, se disuelve únicamente el zinc, y queda insoluble el sulfuro de niquel, que se recoje en un filtro. El líquido filtrado se va echando poco á poco en una disolucion hirviendo de carbonato sódico; el precipitado de carbonato zíncico blanco se recoje en un filtro, se lava, se seca y se calcina, para trasformarle en óxido, en un crisol de porcelana tarado. Aparte se incinera el filtro, y las cenizas se echan en el crisol que contiene el óxido zíncico, de cuyo peso se deduce la cantidad de metal. Cien partes de óxido zíncico, contienen 80,30 de zinc.

El sulfuro de niquel se separa del filtro tan completamente como sea posible, y se disuelve con las cenizas del último, en 10 centímetros cúbicos de ácido clorohídrico, á los que se van añadiendo poco á poco hasta cinco centímetros cúbicos de ácido nítrico. Si quedara turbia la disolucion por algo de azufre que no se hubiera disuelto, se filtra, y en el líquido se precipita con potasa cáustica en disolucion el óxido nicoloso *NiO*, que se lava, seca, calcina y pesa, con las cenizas del filtro, en un crisol de porcelana tarado, deduciendo de este peso la cantidad de metal. Cien partes de óxido nicoloso contienen 78,66 de niquel.

2.° Se separan tambien el niquel y el zinc por el procedimiento siguiente, que requiere alguna experiencia en el operador.

Despues de haber eliminado el hierro y la barita disuelta, queda una disolucion que contenia todo el zinc y todo el niquel. Esta disolucion contiene además ácidos nítrico y sulfúrico libres. Se la neutraliza poco á poco con carbonato sódico disuelto en agua, hasta que se enturbie un poco, pero

---

(1) Así describe Wohler el procedimiento. Yo he preferido recojer los sulfuros en un filtro.

de una manera permanente, es decir, que no se aclare por agitacion. Llegado este caso, se va añadiendo gota á gota ácido cloro-hídrico diluido (1 parte de ácido y 5 de agua), revolviendo sin cesar con un agitador, hasta que el líquido recobre su trasparencia y empiece á enrojecer el papel de tornasol, ó en otros términos, hasta que resulte un poco ácido. Se diluye esta disolucion con agua hasta formar un volúmen de 300 á 400 centímetros cúbicos, y se hace pasar por ella una corriente de hidrógeno sulfurado; y para facilitar la precipitacion del sulfuro de zinc, con su hermoso color blanco, se agregan poco á poco de 5 á 8 centímetros cúbicos de una disolucion diluida de acetato sódico ó potásico, que marque á lo sumo de 5 á 6° en el areómetro de Beaumé. Cuando se advierta que el precipitado blanco no aumenta de volúmen, se suspende la corriente y se deja reposar el precipitado durante 12 horas. No se debe calentar el líquido al precipitar el sulfuro de zinc, ni emplear con exceso la disolucion de acetato sódico ó potásico. El precipitado se recoje en un filtro y se lava con agua destilada. Para asegurarse de que todo el zinc se ha precipitado, se ensaya una corta cantidad del líquido filtrado con una gota de acetato y cinco ó seis de hidrógeno sulfurado disuelto en agua. Si todo el zinc se ha precipitado, el líquido no se enturbiará. Recogido y lavado el sulfuro de zinc, se coloca el filtro húmedo en una cápsula de porcelana, se trata con ácido cloro-hídrico diluido (5 agua y 1 de ácido), y se calienta hasta que desaparezca el olor á hidrógeno sulfurado, se filtra despues, y la disolucion se va echando poco á poco en otra hirviendo de carbonato sódico, para precipitar el carbonato de zinc, que se filtra, lava y calcina, como se explica en el método primero.

La disolucion en que se precipitó el sulfuro de zinc, contiene todo el niquel, y despues de calentado con el fin de separar el hidrógeno sulfurado, se trata con potasa cáustica para precipitar el óxido nicoloso como en el método primero.

Si la liga contiene cobalto, se encuentra este metal reunido con el niquel en el precipitado obtenido con la potasa. Fundiendo al soplete una cortísima porcion de este precipita-

do en una perla de borax, tomará un color azul por corta que sea la cantidad de cobalto.

Si realmente existiera cobalto en el metal blanco, se separan el cobre, el antimonio, hierro y zinc, segun se ha dicho, y cuando se llegue á la disolucion, que no contiene más que el niquel y el cobalto, se procede de este modo para separar los dos metales.

Primero se concentra la disolucion hasta reducirla á un corto volúmen. Luego se la neutraliza, si está ácida, con potasa, se la mezcla despues con otra disolucion concentrada de nitríto potásico (1) y un poco de ácido acético, con lo que se precipita todo el cobalto en estado de nitrito cobáltico-potásico de color amarillento, mientras que el niquel queda en la disolucion.

Al cabo de 24 horas de reposo, se filtra y se lava el precipitado con cloruro potásico. Despues se le disuelve en ácido cloro-hídrico, y de esta disolucion se precipita el óxido de cobalto con potasa cáustica.

El óxido recogido en un filtro, lavado y secado, se reduce con gas hidrógeno, y se pesa el cobalto en estado metálico.

En la disolucion que contiene el niquel, despues de separado el cobalto, se echa, ó bien potasa cáustica para precipitarle en estado de óxido, ó bien una disolucion concentrada y caliente de bioxalato potásico, que precipita todo el niquel en estado de oxalato. Recogido este precipitado en un filtro, se lava, se seca y se calcina despues en un crisol de porcelana sin baño, y perfectamente tapado, al calor rojo, resultando niquel metálico que se pesa directamente.

Cuando el metal blanco no contiene las cortas cantidades de plomo, antimonio, hierro y cobalto, ni el baño de plata exterior que hemos supuesto, ó cuando no hay interés en de-

---

(1) Se prepara el nitrito potásico, fundiendo en un crisol de hierro una parte de salitre y dos de plomo granulado, agitando la mezcla hasta oxidar todo el plomo, y disolviendo en agua, despues de fria, la masa que resulta. La disolucion filtrada contiene una corta cantidad de plomo, que se precipita con amoniaco cáustico y con carbonato ó sulfhidrato amónicos, que se mezclan poco á poco, evitando un exceso. (Wohler, *T. P. d'Analysis Chimique*, París, 1865).

terminar estos metales y se buscan solo las cantidades de cobre, zinc y niquel, el procedimiento de análisis cuantitativa, se reduce á disolver 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico normal, y 2 de ácido sulfúrico tambien normal. Esta disolucion, diluida hasta formar 200 centímetros cúbicos, y á la que se agregan 20 de ácido nítrico normal, se somete á la electrólisis para determinar el cobre. El líquido que resulta, se evapora casi á sequedad, se diluye en agua y se va echando poco á poco en una disolucion hirviendo de carbonato sódico, para precipitar el niquel y el zinc en estado de carbonatos, y se sigue el procedimiento número 1 de los dos que se han explicado para separar el niquel y el zinc.

Número 2.

Laton, aleacion compuesta de cobre y de zinc.

Se disuelve 1 gramo de laton en pedazos pequeños, ó reducido á plancha, en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nitrico normal, y 2 de ácido sulfúrico tambien normal, colocado todo en una cápsula de porcelana de 10 centímetros de diámetro, que se calienta en baño de arena, para que el líquido no llegue á hervir. Terminada la disolucion, y sin evaporar á sequedad, se echa el líquido en un vaso de los que se usan para la electrólisis, se añade agua hasta completar el volúmen de 200 centímetros cúbicos y otros 20 de ácido nítrico normal, y se sumerjen en él las dos láminas de platino, ó una lámina y una espiral del mismo metal, y se las pone en comunicacion con los dos polos de la pila, en la forma explicada. A las 40 ó 48 horas, segun la temperatura del laboratorio, queda terminado el ensayo. Se pesa el cobre y se deduce la proporcion de zinc por diferencia.

El resultado respecto al cobre es seguro, pero el zinc no se determina con exactitud por este procedimiento, porque en los latones se encuentran cortas cantidades de estaño y de plomo que se ponen, el primero en los que se preparan para piezas fundidas, y el segundo en los que se destinan á planchas y á alambres. Como impurezas del cobre y del zinc se

encuentran además en algunos latones, cortas cantidades de antimonio y de cadmio.

Si se quiere proceder con todo rigor, se toman 5 gramos de laton y se disuelven en 60 centímetros cúbicos de agua, y 60 de ácido nítrico normal. Se diluye con agua, y si queda un resíduo blanco de ácido estánnico, se recoje en un filtro, se lava con agua y se calcina y pesa, como se ha dicho en el ejemplo núm. 1. Cien partes de ácido estánnico contienen 78,66 de estaño.

En el líquido filtrado se echan 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico para precipitar el plomo (véase ejemplo número 1), y el resto de la disolucion de los 5 gramos no se utiliza para separar los demás metales.

Por separado se disuelve un gramo de laton, como se explica al principio de este ejemplo, y en el líquido que queda despues de la electrólisis del cobre, se separan el antimonio, cadmio y el zinc, del modo siguiente:

Se hace pasar por este líquido hirviendo, una corriente de hidrógeno sulfurado para precipitar el antimonio y el cadmio, que se recojen en un filtro. En el líquido filtrado que contiene el zinc, se saturan el ácido nítrico y el hidrógeno sulfurado con amoniaco, se echan además unas gotas de sulfhidrato amónico, y se recoje el sulfuro de zinc en un filtro. Despues de lavado, se le disuelve en 20 centímetros cúbicos de ácido cloro-hídrico diluido (1 de ácido y 5 de agua), calentando hasta que cese el olor á hidrógeno sulfurado, y este líquido, filtrado para separar el azufre que suele contener en suspension, se va echando poco á poco en una cápsula de porcelana que contiene 300 centímetros cúbicos de una disolucion de carbonato sódico (de 10 á 12° del arcómetro) en ebullicion. El precipitado blanco de carbonato zíncico, se recoje en un filtro, se lava, se calcina en una cápsula tarada, para convertirle en óxido, quemando el filtro aparte; se reunen las cenizas con el precipitado, y del peso del óxido se deduce la cantidad del zinc. Cien partes contienen 80,30 de metal.

Los sulfuros de antimonio y de cadmio recogidos en el filtro, se trasladan con el lavador á una cápsula de porcela-

na, se añaden unas gotas de amoniaco, 10 centímetros cubicos de sulfhidrato amónico, y se calienta todo un poco, sin que llegue á hervir. Se recoje el sulfuro cádmico insoluble en un filtro, se le disuelve en ácido nítrico normal, calentando, y se precipita el cadmio, como el zinc, con una disolucion de carbonato sódico hirviendo, y trasformando el carbonato cádmico en óxido por calcinacion. Cien partes de óxido cádmico contienen 71,43 de cadmio.

El sulfuro de antimonio, disuelto en sulfhidrato amónico, se precipita añadiendo poco á poco ácido sulfúrico diluido (1 ácido y 5 de agua), hasta reaccion ácida. El sulfuro de antimonio, que se precipita, despues de lavado y seco, se coloca en una cápsula tarada, se le humedece con unas gotas de ácido nítrico normal, y luego se añaden 5 centímetros cúbicos del mismo ácido fumante. Evaporando á sequedad y calcinando se trasforma en antimoniato antimónico Sb^2O^3, Sb^2O^5. Cien partes de este compuesto contienen 88,40 de metal.

Número 3.

Bronce.—Aleacion compuesta de cobre y de estaño.

Se analiza como el laton, disolviendo 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de ácido nítrico normal, evaporando casi á sequedad, diluyendo con agua y recogiendo en un filtro el ácido estánnico, de cuyo peso se deduce la cantidad de estaño. Al líquido filtrado se le añade agua hasta formar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y otros 20 de ácido nítrico normal, y así dispuesto, se determina el cobre por electrólisis.

En algunos bronces se encuentran, además del cobre y del estaño, cortas cantidades de zinc, de plomo y de antimonio, y en los que proceden de campanas, oro y plata en mayor ó menor cantidad.

Al disolver en ácido nítrico un bronce que contenga todos los metales nombrados, el estaño y el oro quedan insolubles, el primero en estado de ácido estánnico; el oro en esta-

do metálico, aunque pulverulento. Si la cantidad de antimonio fuera considerable, tambien se hallará la mayor parte de este metal en el resíduo insoluble en estado de antimoniato antimónico, y el resto en la disolucion, en la que además pasarán, al filtrar, la plata, el plomo, el cobre y el zinc.

El resíduo insoluble de ácido estánnico, de antimoniato antimónico y de oro, se coloca despues de bien lavado en una cápsula de platino con 5 centímetros cúbicos de agua, 5 de ácido cloro-hídrico y una planchita de zinc puro. Los ácidos de estaño y de antimonio se reducen á metales en pocos minutos. Se retira la plancha de zinc, lavándola perfectamente, se decanta el cloruro de zinc y se lavan con agua repetidas veces los tres metales contenidos en la cápsula de platino. Se añade ácido cloro-hídrico concentrado, y se calienta para disolver el estaño, se decanta esta disolucion y se lava el resíduo, primero con ácido cloro-hídrico y despues con agua. La disolucion de cloruro estannoso se pone á hervir añadiendo 4 centímetros cúbicos de ácido nítrico y, diluyéndola, se precipita el estaño, en estado de sulfuro estánnico amarillo, con hidrógeno sulfurado. Este precipitado, bien lavado y seco, se calcina en una cápsula de porcelana, tarada, con unas gotas de ácido nítrico concentrado; se evapora á sequedad, se calcina de nuevo y se pesa el ácido estánnico, del que se deduce la cantidad de estaño. (V. Ejemplo núm. 1.)

La cápsula de platino toma color negro, interiormente, si la liga contiene antimonio. Para separar este metal del oro, se los trata con 5 centímetros de ácido nítrico normal y otros 5 de una disolucion, recien preparada, de ácido tártrico. En esta disolucion, decantada en una cápsula de porcelana, adicionada de las aguas de lavado y puesta á hervir, se precipita el antimonio en estado de sulfuro antimonioso. (V. ejemplo núm. 1.) El oro que ha quedado en la cápsula de platino se lava, se seca y se pesa. El procedimiento descrito para separar el oro de los ácidos de estaño y de antimonio, no es muy exacto. Las ligas que contienen á la vez oro, estaño y antimonio, arsénico ó bismuto, no se disuelven en ácido nítrico, sino que se analizan, calentándolas con gas cloro, como se explica en el ejemplo núm. 18.

En la disolucion nítrica primitiva que contiene la plata, el plomo, el cobre, el zinc y el resto del antimonio, se echan 2 centímetros cúbicos de ácido cloro-hídrico para precipitar la plata en estado de cloruro. (V. Ejemplo 1.°) El líquido filtrado se mezcla con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico, se evapora á sequedad y el resíduo se disuelve en agua; se recoge en un filtro el sulfato de plomo y se pesa, como va dicho, en el ejemplo núm. 1. Se completa el volúmen de la disolucion filtrada hasta 200 centímetros cúbicos, añadiendo agua, se agregan 20 de ácido nítrico normal, y se determina el cobre por electrólisis. El antimonio, disuelto en el líquido restante, se precipita con una corriente de hidrógeno sulfurado, y el peso que resulte se agrega al del sulfuro de la porcion que quedó insoluble en ácido nítrico. En el líquido filtrado se echa amoniaco para neutralizar el ácido y el hidrógeno sulfurado y unas gotas de sulfhidrato amónico. El sulfuro de zinc, recogido en un filtro, se lava, se disuelve en ácido cloro-hídrico y se reduce á carbonato y despues á oxido, como se explica en el ejemplo núm. 2.

Número 4.

Monedas de bronce.—Aleacion compuesta de estaño, cobre y zinc.

Pueden analizarse facilmente, disolviendo, como se ha dicho en los ejemplos anteriores, 1 gramo de moneda reducida á pedazos pequeños, en 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de ácido nítrico normal, evaporando en baño de arena casi á sequedad, diluyendo en agua el líquido concentrado, recogiendo en un filtro el ácido estánnico, completando con agua el volúmen de la disolucion filtrada hasta 200 centímetros cúbicos, agregando 20 de ácido nítrico normal, y sometiendo este líquido, durante 48 horas, á la electrólisis. Del peso del ácido estánnico, lavado, seco y calcinado en la forma descrita en el ejemplo núm. 1, se deduce el peso del estaño; el del cobre, del aumento de peso de la lámina de pla-

tino; y el zinc se determina por diferencia. Este ensayo es suficiente para averiguar si las monedas están dentro de la ley respectiva á su composicion.

Si se desea determinar, además, las cortas cantidades de plomo, de antimonio y de hierro que suelen contener, se procede de este modo.

Se reduce la moneda á limaduras, separando con un imán el acero que haya podido desprenderse de la lima; se mezcla un gramo de estas limaduras con tres gramos de carbonato sódico seco y puro, y con otros 3 de azufre en flor. La mezcla, colocada en un crisol de porcelana, de capacidad suficiente para que no rebose al entrar en fusion, se funde al calor de una lámpara de espíritu de vino, de doble corriente. Despues de haberle dejado enfriar, se echa el crisol en una cápsula de porcelana de 12 á 15 centímetros de diámetro con 150 ó 200 centímetros cúbicos de agua, y se calienta para facilitar la disolucion del sulfuro sódico y de los sulfuros, de estaño y de antimonio solubles en el sulfuro alcalino. Se filtra esta disolucion para separarla de los sulfuros insolubles de cobre, plomo, hierro y zinc, y en ella se determinan el estaño y el antimonio, precipitándolos en estado de sulfuros con ácido cloro-hídrico diluido hasta reaccion un poco ácida, filtrando y lavándolos con una disolucion de cloruro sódico y despues con otra de acetato de amoniaco. Se trasladan estos sulfuros, húmedos todavía, á una cápsula de porcelana, separándolos tan completamente como sea posible del filtro, y se agrega una disolucion concentrada de 10 gramos de ácido oxálico; se pone todo á hervir y cuando el líquido esté tan concentrado que el ácido oxálico cristalice por enfriamiento, se hace pasar una corriente de hidrógeno sulfurado durante 20 minutos. El sulfuro antimonioso se precipita y se recoge en un filtro tarado cuando el líquido esté ya frio; se seca el filtro á 120° y se deduce de la cantidad de sulfuro antimonioso Sb^2S^3 la de antimonio contenida en la liga.

(Se continuará.)

PROGRESOS DE LA TELEGRAFIA ELECTRICA.—TRASMISION SIMULTANEA.

Conferencia sobre los teléfonos y fonógrafos, dada por Mr. Jamin, miembro del Instituto y profesor de la Escuela politécnica de la Facultad de París (*).

(Continuacion.)

La casualidad me puso en relaciones con él, y ví que era un hombre muy convencido, pero absolutamente privado de los medios de realizarlo. Le aconsejé que pidiese fondos al Gobierno, y escribí para apoyar su pretension. El ministro de instruccion pública que era entonces quiso que confirmase mi opinion uno de mis colegas, que fué tambien favorable á ella; y despues de haberse de este modo convencido de la utilidad del auxilio demandado, lo negó. Scott quedó desesperanzado, y mas tarde tuvo que presenciar el descubrimiento de Edisson, que tocaba al suyo, le continuaba y completaba. ¿Hubiera llegado á realizarlo? Pregunta es esta á la que no puede contestarse. La escritura fonoautográfica es muy complicada, y se necesitan muchos estudios para interpretarla.

Pero Edisson plantea la cuestion del modo siguiente. Su aparato es el mismo, y tiene casi el mismo nombre *fonógrafo*, en vez de *fonoautógrafo*. Hay el mismo recipiente de sonidos, la misma membrana y un estilo semejante delante de un cilindro que da vueltas sobre sí, y sobre el cual se escribe. No hay mas que una diferencia, aunque capital: suprime toda la dificultad de la interpretacion, porque es el mismo aparato el que se encarga de ello.

Sobre el cilindro se halla trazada una huella en forma de tuerca, y encima está colocada una hoja de estaño arrollada. El estilo la toca en los puntos que están encima del surco: se apoya, la rompe, y forma agujeros persistentes. Es, por lo tanto, una especie de escritura de un discurso pronunciado, y se va grabando en una hoja de estaño que la guarda y con-

(*) Tómada y redactada por los Sres. Jorge Maneuvrier y Kroukoll.

servaria perpétuamente. Esta diferencia es precisamente lo que constituye el éxito del aparato, y que, en vez de la lectura, que exigia tantas complicaciones, se puede volver á encontrar la palabra misma. En efecto, si se da vuelta al cilindro en sentido inverso, volveremos el estilo á su punto de partida, y comenzaremos el movimiento directo. El estilo que toca la hoja sigue, sin embargo, á la superficie hasta en las cavidades que ha ocasionado, y se levanta en los puntos que no ha tocado, vuelve á empezar, por lo tanto, todos los movimientos que le habia impreso la voz. Despues los vuelve á la membrana, y esta ejecuta de nuevo sus vibraciones y reproduce la voz.

Del mismo modo que el instrumento puede repetir una frase, puede tambien reproducir una tocata cualquiera ó un toque de clarin; pero debeis observar que canta en falsete. Consiste esto en que es muy difícil dar vueltas al cilindro con la misma velocidad de rotacion que ha tenido mientras el sonido se inscribia. Bastará, pues, para que cante debidamente, que se le dé un movimiento regular, y siempre el mismo durante la inscripcion y la repeticion. Un fonógrafo en que se ha obtenido este resultado es el de Mr. Hardy, por medio de un movimiento de relojería convenientemente dispuesto. Canta con regularidad, y siempre lo mismo, durante la inscripcion y la repeticion.

Por extraordinario que sea, en efecto, se han exagerado mucho las excelencias de este instrumento. Se nos decia que repetia á voluntad, con sus entonaciones y acentos, la misma palabra de un orador, y que en lo sucesivo se podria, estando al lado del fuego, en su butaca, tener el placer de oir y de hacer repetir como se quisiera el discurso de recepcion de un académico, leer mecánicamente una novela, oir á voluntad una ópera, el canto de un artista célebre, etc.; pero prácticamente se ve que aunque se hayan recogido en uno de estos instrumentos las primeras palabras que se han pronunciado, no reproduce ni el timbre ni las entonaciones.

A lo más, el fonógrafo podrá ser un escelente estenógrafo; pero para ello se necesita un cilindro enorme, una hoja de estaño inmensa, y eso hasta ahora es absolutamente imposible

realizar. Démosle, pues, su justo valor, como un aparato de simple curiosidad científica, de curiosidad de primer órden es cierto; pero no le exijamos que realice todo lo que llegó á esperarse en el momento de su aparicion.

No sucede lo mismo con el teléfono, que es sencillo, práctico y de incontestable utilidad. Es una invencion que permanecerá como una gloria del siglo, como la misma telegrafía eléctrica, que continúa, perfecciona y simplifica extraordinariamente. Permitidme insistir acerca de este punto.

Los telégrafos exigen un aparato delicado y complicado, con ruedas, peso, escapes: todo á un precio elevado; los teléfonos no piden nada de esto: sin gastos, sin preparacion, y contínuamente nace la corriente por sí misma, sin que haya necesidad de ocuparse de ella, en virtud del juego del aparato.

En el telégrafo se necesita una manipulacion especial; es preciso correr una aguja sobre un cuadrante y detenerse en la letra que se quiera señalar, ó bien dar golpecitos largos ó breves con el martillo de Morse, en fin, hacer un juego de teclado y aprender este juego, lo que constituye un verdadero estudio; en el teléfono basta saber hablar como todos sabemos.

Es necesario, por último, tambien saber interpretar los signos telegráficos; y como es una escritura, algunas veces compleja, es menester traducirla. Con el teléfono basta saber escuchar; se conoce, con alguna alteracion, la voz misma del interlocutor, lo cual es una garantía de autenticidad: se habla y se contesta; es una conversacion regulada, tan abundante y prolongada como se quiera: una supresion de toda distancia y de todo intermedio. Nada pudiera imaginarse mejor, mas sencillo ni mas completo. Todavía hay mas que hacer indudablemente; el aparato puede perfeccionarse: ya he manifestado alguno de sus progresos, y es de esperar que los hará todavía mayores en un porvenir próximo. Entonces en cada ciudad partirá desde un punto central un enorme haz de hilos aislados unos de otros, reunidos todos, formando en su orígen un centro comun que quedará encerrado en un tubo subterráneo, y en seguida se dividirá como las ramas de un árbol, como las arterias que parten del corazon, dejando en el camino que recorran un hilo que se estenderá en cada casa, y terminará

por teléfonos que penetren en todas las oficinas, en todos los salones. Una de las ramas se dirigirá hácia el Norte, otra al Sur, otras al Este ó al Oeste, y otras todavía tomarán caminos intermedios; de modo que por todas partes se diseminará el instrumento de la palabra y de la audicion. Y entonces, en un momento dado, partirá del centro comun el anuncio de un gran suceso que se esparcirá inmediatamente hasta los últimos rincones de la ciudad, del país, que podrá ser lo mismo el discurso político de un rey ó de un presidente, ó el anuncio de la hora del medio dia. Y por otra parte, desde cada punto de la ciudad, cubierta por esta red, vendrán al centro los acontecimientos locales. Por ejemplo, el hilo señalado con el número 539, pedirá que se una con el hilo 10.521, y se pondrán en comunicacion, y se manifestarán sus negocios, sus alegrías ó sus pesares. ¿No parece que la ciudad entera, esta coleccion inmensa de personas, aparecerá como un solo individuo, atravesado por un inmenso sistema nervioso colectivo, con un cerebro central, que hará vida comun con todo el país? Ayer era esto un sueño, hoy es una realidad, por lo menos en América. En Nueva-York hay 1.400 hilos telefónicos, mas de 3.000 en Boston, y otros 3.000 en Chicago. Más de cien ciudades de segundo órden han empezado el establecimiento de su red. Se cuentan entre todos 130.000 teléfonos Bell en los Estados-Unidos, y podemos asegurar que esto no es mas que el principio.

En Francia, donde por lo general estamos atrasados en las aplicaciones prácticas, no hay todavía mas que 20.000; pero los sábios franceses, que siempre hacen justicia á los estranjeros, algunas veces con daño de sus compañeros, no han tardado en dar una distincion á Mr. Bell. Se le acaba de conceder por la Academia de Ciencias el premio fundado antes por Napoleon I, renovado en el segundo imperio, y continuado en la República, el premio de Volta, el mas elevado que se puede conceder á un hombre, cuyo valor asciende á 50.000 francos; pero no es el dinero lo que en él vale, sino el nombre que por él se alcanza, que significa un verdadero triunfo.

MEMORIA

SOBRE

LA MATERIA RADIANTE.

CARTA DIRIGIDA POR EL SR. F. J. RICARDE SEAVER, *Miembro de la Real Sociedad de Edimburgo, á la Real Academia de Ciencias de Madrid.*

Al presentar á la Academia Real de Ciencias de Madrid el insignificante trabajo que tengo el honor de acompañar, mi sola aspiracion es la de difundir en lengua castellana los principios de una teoría nueva, que creo estar llamada á ocupar muy pronto la atencion de todos los filósofos del mundo.

El autor del opúsculo original D. Guillermo Crookes, Miembro de la Sociedad Real de Londres, mi colega y amigo, es un químico y filósofo tan conocido, que no necesita de mi pobre pluma para recomendarlo á sus correligionarios de la Academia de Madrid.

Despues de haber sido acogido este opúsculo con un entusiasmo rara vez esperimentado entre sus colegas de Inglaterra, y apenas impreso para ser distribuido privadamente, el Sr. Crookes me ha dispensado el insigne honor de escogerme entre nuestros colegas, para presentar á vuestra ilustre Corporacion su gloriosa tésis sobre la *Materia Radiante.*

Habiendo asistido personalmente á los experimentos y acompañado al Sr. Crookes en sus investigaciones de laboratorio hace algunos años, no me es tan difícil, como lo sería tal vez á un estraño, seguir las conclusiones y conservar el sentido verdadero de sus argumentos para sentar sus hipó-

tesis, probando hasta el límite de lo posible, las asombrosas teorías que emite. Sin embargo, en algunos puntos de su trabajo y á pesar de mis conocimientos especiales en la materia, no he podido llegar á espresar con entera satisfaccion mia el verdadero sentido de sus pensamientos. Por estas y otras faltas filológicas que contiene mi traduccion, ruego á mis ilustres colegas me concedan á título de extrangero, su benévola indulgencia. Pido esta con ménos escrúpulo en este caso que tal vez lo hiciera si se tratase de cuestiones *bien conocidas;* pero como el descubrimiento es nuevo, y la teoría original (salvo las hipótesis y creencias de Faraday), difícil es hallar frases á propósito en castellano para expresar lo que en la lengua madre al autor mismo le ha obligado á inventar idiotismos especiales.

Al descubrir el metal Thallio el Sr. Crookes, se hizo conocer en el mundo científico con brillante éxito. Sus profundas investigaciones y experimentos para determinar la equivalencia atómica de ese metal, le condujeron á regiones científicas y especulativas hasta entonces desconocidas. De ahí nació lo que hoy se conoce por el *Radiómetro;* instrumento que, como juguete casi, venden los ópticos y que sirve para indicar la fuerza de los rayos luminosos.

Sus conferencias en la Sociedad Real de Londres, sobre «la accion mecánica de la luz,» son bien conocidas, y sin duda un resúmen de ellas se encuentra en los archivos de vuestra ilustre Corporacion.

Prosiguiendo sus estudios sobre esta interesante seccion, le fué necesario construir aparatos de muchísima precision, y sobre todo, llevar los tubos vacíos hasta el mayor grado de perfeccion posible.

Al hacer uso de estos, notó el Sr. Crookes muchos fenómenos nuevos, que le interesaron hasta el punto de hacerle seguir una serie de experimentos especiales, y el resultado de estos le condujo á las regiones de la *Materia Radiante.*

En cuanto al resultado *práctico* de sus investigaciones sobre esta última, nada podemos afirmar aún. Es tan nuevo y tan vasto el campo de exploraciones, y los resultados obtenidos tan asombrosos, que con razon se puede considerar su

teoría sobre la existencia de un *cuarto estado de la materia*, como en su primitiva infancia.

Pero esta infancia es tan robusta, está tan llena de vitalidad y tan desarrollada, que nadie negará que promete ser el principio de una nueva era científica, y aun el mas importante de los descubrimientos modernos.

El opúsculo adjunto tiene por objeto probar la existencia de ese *cuarto* estado de la materia, pues hasta la fecha solo se conocian tres: el sólido, el líquido y el gaseoso, y á los cuales se agrega ahora el *Radiante*.

Sin duda el distinguido filósofo proseguirá sus interesantísimos estudios, y llevará con acierto sus operaciones hasta mas allá de esa *tierra fronteriza* donde la *materia* parece confundirse con la *fuerza*, penetrando en el *reino sombrío* que existe entre lo *conocido* y lo *desconocido*, donde él cree firmemente encontrar *realidades ulteriores*, sutiles, asombrosas y de gran trascendencia.

A medida que sean dados á la luz por el autor los resultados de sus elucubraciones, espero tener el elevado honor de continuar siendo su intérprete para comunicarlos á vuestra Ilustre Academia, poniéndolos así al alcance de algunos de sus miembros (si los hay), que no posean el idioma inglés. Al mismo tiempo, será para mí una gran satisfaccion y un placer el prestar un pequeño servicio á una nacion que me es tan simpática, y en la que cuento tantos parientes, amigos y relaciones.

F. J. Ricarde Seaver
F. R. S. Edin.

Octubre de 1879.

Para esplicar el título de esta memoria es preciso retroceder mas de sesenta años, es decir, al año 1816. Faraday—el gran químico y filósofo—que era entonces un simple estudiante y ardiente esperimentador de 24 años, dió una serie de conferencias sobre las propiedades generales de la materia, y una de ellas tenia este título sorprendente: *Sobre la materia radiante*.

Las notas ó apuntes del gran filósofo sobre esta conferen-

cia se hallan publicadas por el Dr. Bence Jones en su obra «Vida y correspondencia de Faraday,» y aquí reproducimos un pasaje en el cual, por primera vez, el filósofo emplea la espresion *materia radiante*. Dice así:

«Si concebimos un cambio tanto mas allá de la evaporizacion como el que existe entre ésta y la fluidez, y se tiene »en cuenta entonces tambien la alteracion proporcionalmente »aumentada, á medida que van haciéndose las trasformaciones, podremos tal vez—si somos capaces de formarnos de »ella siquiera una idea,—llegar á concebir lo que es la materia »radiante: y como en la última trasformacion muchas cualidades se pierdan, aquí tambien muchísimas más desaparecerian.»

Faraday evidentemente se preocupó con esta grande especulacion científica, pues tres años despues, en 1819, le vemos emitiendo nuevos argumentos, y reuniendo evidencias para fortalecer su asombrosa hipótesis. Sus apuntes son ya más extensos, y demuestran claramente que durante esos tres años el filósofo habia pensado mucho y muy profundamente sobre esta nueva y más alta forma de la materia. Empieza por declarar que la materia puede ser clasificada en cuatro formas: sólida, líquida, gaseosa y radiante, dependiendo estas modificaciones de diferencias en sus varias propiedades esenciales. Admite que la existencia de la materia radiante no estaba todavía probada, pero pasa por una serie de argumentos ingeniosos y analógicos á demostrar la probabilidad de su existencia, y dice: «puedo desde ahora llamar la atencion sobre una progresion curiosa en las propiedades físicas »que acompañan á los cambios de forma, y la cual basta »tal vez para producir en la imaginacion del filósofo inventivo »y anheloso, la creencia en la asociacion de la forma radiante »con las otras en la serie de trasformaciones que he mencionado.»

«A medida que se asciende del sólido á los flúidos y gases, »las propiedades físicas disminuyen en número y variedad, »perdiendo en cada estado algunas que pertenecian al precedente. Cuando los sólidos se convierten en flúidos, todas »las cualidades de dureza y blandura se pierden necesaria-

»mente. Las formas cristalinas y otras se destruyen. La opa»cidad y el color se convierten en trasparencia sin color, y »se opera una movilidad general de las partículas. Pasando »al estado gaseoso se nota todavía más la destruccion del ca»rácter evidente de los cuerpos. La inmensa diferencia entre »sus densidades desaparece casi totalmente, y el pequeño »resto de diferencia de color que quedó se pierde completa»mente. La transparencia llega á ser universal, y todos esos »cuerpos son elásticos. Forman entonces una sola serie de »sustancias y las variedades en densidad, dureza, opacidad, »color, elasticidad y forma que hacen el gran número de »sólidos y fluidos casi infinito, se reemplazan desde luego por »pequeñas variaciones en densidad y algunas sombras de »color casi insignificantes.»

«Por consiguiente para aquellos que admiten la forma ra»diante de la materia, ninguna dificultad existe en la sencillez »de las propiedades que ésta posee, y es mas bien un argu»mento en su favor. Estas personas demuestran que hay una »pérdida gradual de propiedades en la materia, que nosotros »podemos apreciar á medida que esta asciende en la escala »de formas, y sorprenderian mucho si este efecto cesara al »llegar al estado gaseoso.»

«Nos señalan los mayores esfuerzos que hace la naturaleza »á cada paso del cambio, y creen que racionalmente este debe »ser mayor en la transformacion de gaseosa á la forma ra»diante (1).»

Si á principio de este siglo hubiésemos preguntado ¿qué es un gas? se hubiera contestado: Es una materia expansiva y rarificada en tal grado que llega á ser impalpable, escepto cuando se le pone en movimiento violento, invisible, incapaz de asumir ó de ser reducido á una forma cualquiera como las sólidas, ó de formar gotas como los líquidos, siempre dispuesto á dilatarse por donde no encuentre resistencia y á encojerse al sentir una presion. Hace sesenta años estos eran los atributos principales consignados acerca de los gases.

Sin embargo, las investigaciones modernas han modificado

(1) Véase *Vida y correspondencia de Faraday*, tomo I, pág. 308.

y engrandecido muchísimo nuestras ideas y apreciaciones sobre la constitucion de estos fluidos elásticos.

Los gases ahora estan considerados como compuestos de un número casi infinito de pequeñas partículas, que estan constantemente en movimiento en todas direcciones, con todas las velocidades imaginables. Como estas moléculas son numerosísimas, facil es comprender que ninguna puede moverse en direccion alguna sin entrar en contacto con otra. Pero si agotamos el aire ó el gas contenido en una vasija cerrada, el número de moléculas se encontrará disminuido, y la distancia ó espacio en que cualquiera de ellas puede moverse sin entrar en colision con otras, aumentará naturalmente; la longitud media de distancias rectilíneas recorridas por las moléculas entre dos choques sucesivos siendo inversamente proporcionada al número de moléculas presentes. Cuanto mas allá se lleve el agotamiento de la vasija, mas larga será la distancia media que una molécula puede recorrer antes de entrar en colision; ó en otros términos, cuanto mas largo sea su *tránsito libre medio*, mas se modificarán las propiedades físicas del gas ó del aire. Así es que cuando el agotamiento llega á cierto punto, los fenómenos del Radiómetro llegan á ser posibles, y al llevar mas allá el enrarecimiento, esto es, reduciendo el número de moléculas en un espacio dado y alargando su *tránsito libre medio*, se obtienen los resultados experimentales sobre los cuales vamos á llamar la atencion.

Tan distintos son estos fenómenos de todos los demás que se notan con el aire ó en el gas en la tension ordinaria, que nos hacen presumir por esto precisamente, que estamos en presencia de la materia en su *cuarto* estado ó condicion, y en una forma tan lejana de la condicion de gas, como el gas lo está del líquido.

Tránsito libre medio.—La materia radiante.

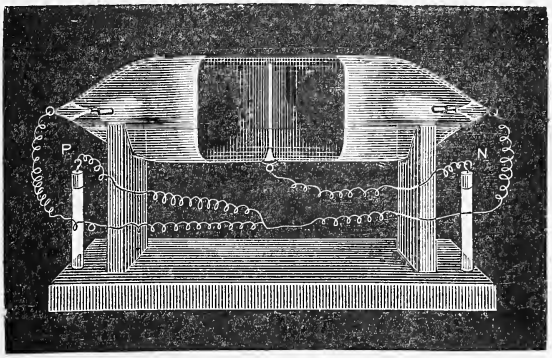
Durante mucho tiempo hemos creido que el aspecto particular observado en los tubos vacios, está muy relacionado con el fenómeno del *tránsito libre medio* de las moléculas.

Cuando se examina el polo negativo mientras la descarga de un carrete de induccion está pasando por un tubo agotado, se vé á su alrededor un espacio oscuro. Este espacio oscuro aumenta ó disminuye segun varia el vacío, del mismo modo el *tránsito libre medio* de las moléculas se alarga ó acorta. Tanto concibe la imaginacion que uno se agranda, cuanto que al otro se le ve positivamente estenderse; y si el vacío no es suficiente para dejar mucho juego entre las moléculas antes que entren en colision, el paso de la electricidad nos hace ver que el *espacio oscuro* se ha reducido á pequeñas dimensiones. Inferimos naturalmente que el espacio oscuro es el camino ó *tránsito libre medio* de las moléculas del gas residual. Esta deduccion ha sido confirmada por varios esperimentos.

Trataremos de hacer visible este *espacio oscuro*.

Hé aquí un tubo (*fig.* 1.ª) que tiene un polo en el centro

Fig. 1.ª



en forma de disco metálico, y otros polos en los dos extremos.

El polo del centro es negativo mientras que los otros dos estan unidos y constituyen el positivo terminal.

El espacio oscuro se ve en el centro. Cuando el agotamiento no está adelantado, el espacio oscuro, solo se estiende en muy poca distancia de cada lado del polo central. Pero cuando el vacío es suficiente y el carrete de induccion se comunica, se vé estenderse el espacio oscuro hasta dos centímetros y medio por cada lado del polo central. Entonces se ve la chispa de induccion iluminando las líneas de presion

molecular producidas por el estímulo del polo negativo central. El espesor del espacio oscuro es la medida del *tránsito libre medio*, entre las colisiones sucesivas de las moléculas del gas residual.

La velocidad extraordinaria con que las moléculas electrizadas negativamente se repercuten del polo excitado, retiene detrás las otras moléculas que marchan lentamente hácia dicho polo.

Un conflicto se produce en las orillas del espacio oscuro, á donde la margen luminosa atestigua la energía de la descarga.

Por consiguiente, se demuestra que el resíduo de gas contenido en el espacio oscuro está en una forma ó condicion enteramente diferente, comparado con el gas contenido en vasijas, cuyo agotamiento ó vacío no ha sido tan completo.

En las vasijas con un grado inferior de agotamiento ó vacío, la longitud del *tránsito libre medio* de las moléculas es excesivamente corta, comparada con las dimensiones del globo, y además se pueden observar las propiedades pertenecientes á la materia gaseosa en su estado ordinario, sujeto á colisiones contínuas.

Pero en el fenómeno que vamos ahora á examinar, el agotamiento ó vacío es tan perfecto, que el espacio oscuro alrededor del polo negativo se estiende hasta llenar enteramente el tubo. Cuando el enrarecimiento es completo el *tránsito libre medio* llega á ser tan espacioso, que las colisiones entre las moléculas en un tiempo dado vienen á ser muy raras, y la molécula media queda libre y en estado de obedecer sus propios movimientos sin interrupcion alguna.

El *tránsito libre medio*, es en efecto comparable á las dimensiones de la vasija, y ya no tenemos que ocuparnos aquí de una porcion *contínua* de la materia, como habría que hacerlo con tubos menos enrarecidos, sino dedicarnos precisamente á contemplar las moléculas *individualmente*.

En estas vasijas tan altamente agotadas, las moléculas del resíduo gaseoso, pueden lanzarse á través del tubo con pocas colisiones comparativamente, y radiando del polo con gran velocidad, asume propiedades tan nuevas y tan características, que justifican enteramente la aplicacion del término tomado de Faraday; esto es, *materia radiante*.

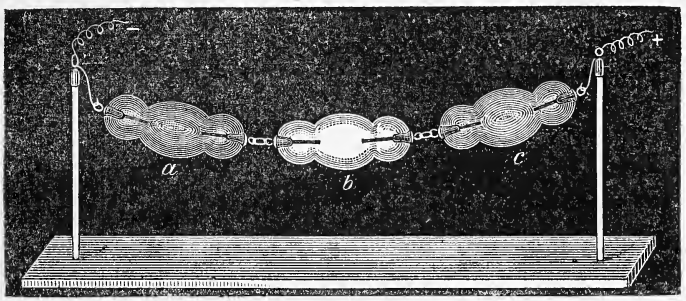
La materia radiante ejerce una poderosa accion fosforogénica en los puntos con que choca.

Segun queda dicho, la *materia radiante* dentro del espacio oscuro escita la luminosidad donde su velocidad se encuentra detenida por el gas existente fuera de este espacio. Pero si no hay resíduo de gas la velocidad de las moléculas se encuentra detenida por los costados del tubo; y aquí llegamos á la primera y una de las mas importantes cualidades de la *materia radiante*, descargada del polo negativo; es decir, su facultad de escitar fosforescencia cuando choca con materias sólidas.

El número de cuerpos ó elementos que responden luminosamente á este bombardeo molecular es muy crecido, y los colores que resultan son de gran variedad. El vidrio, por ejemplo, es sumamente fosforescente cuando está sometido á una corriente de materia radiante.

Aquí tenemos (*fig.* 2.ª) tres globos compuestos de diferentes clases de vidrio. Uno es de vidrio de uranio *a*, que fosforece

Fig. 2.ª



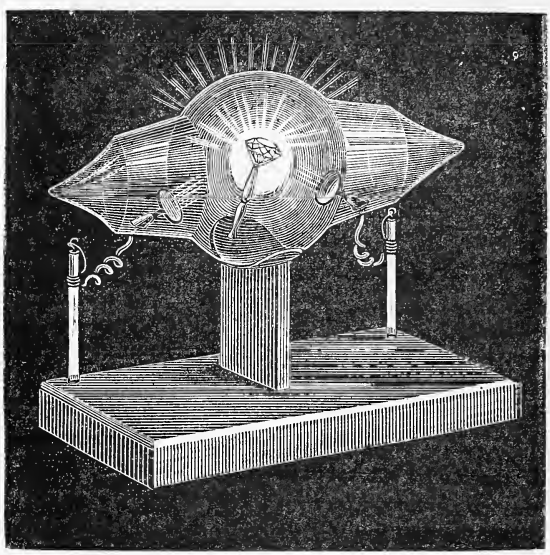
con un color verde oscuro; otro es de vidrio inglés *b*, que fosforece con un color azul; y el tercero *c* es de vidrio blando aleman, que fosforece con un verde de manzana brillante.

Mis esperimentos primitivos fueron casi enteramente pro-

seguidos con la ayuda de la fosforescencia que absorbe el vidrio cuando éste está bajo la influencia de la descarga radiante; sin embargo, hay otras muchas sustancias que poseen el poder de fosforescencia en un grado mucho mas elevado que el vidrio. Por ejemplo, el sulfuro luminoso de calcio preparado segun la fórmula de Mr. Ed. Becquerel. Cuando este sulfuro está sometido á la luz de una vela, fosforece por horas con un color blanco azulado; pero fosforece todavía con mucha mas fuerza sometido á la descarga molecular en un vacío perfecto, como se verá si se pasa una descarga por el tubo (*figura* 2.ª)

Además de vidrios ingleses, alemanes y de Uranio, y los sulfuros luminosos de Becquerel, hay otras sustancias que son altamente fosforescentes. El mineral raro *Phenakite* (Aluminado de glucinio) fosforece con color azul; el mineral *Spodumene* (Silicato de aluminio y litio), fosforece con un hermoso color amarillo dorado; la esmeralda da una luz carmesí.

Fig. 3.ª



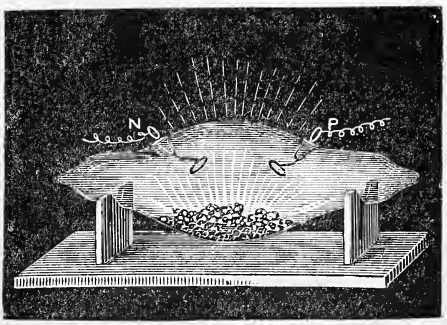
Pero sin excepcion, el diamante es la sustancia mas sensible que he encontrado para producir facilmente una brillante

fosforescencia. Aquí tenemos un diamante fluoricente curioso, que es verde á la luz natural, y sin color á la de una vela. Está montado en el centro de un globo bien agotado (*fig.* 3.ª), y la descarga molecular se dirige sobre él, de abajo arriba.

Al oscurecer la sala se verá que el diamante brilla con tanta luz como una vela y fosforece con un verde brillante.

Despues del diamante, el rubí es una de las piedras mas señaladas por sus fosforescencias. En el tubo (*fig.* 4.ª), tenemos una buena coleccion de rubíes.

Fig. 4.ª



Tan luego como la chispa de induccion los toca, se verá que estos rubíes brillan con un color rojo muy hermoso, como si estuviesen encendidos.

Poco importa el color del rubí natural para este experimento. En el tubo hay toda clase de colores; desde el rojo profundo, hasta los rosados pálidos. Algunos son tan pálidos que parecen blancos, y otros del tinte precioso de sangre de pichon; pero bajo la influencia de la materia radiante todos fosforecen casi con el mismo color.

Como se sabe, el rubí no es mas que alúmina cristalizada con un poco de materia colorante. En el opúsculo de Ed. Becquerel (*Annales de Chimie et de Physique*, vol. LVII, pág. 50; 1859), publicado hace treinta años, este autor describe la apariencia de alúmina como encendida con un hermoso color rojo en el fosforescopio.

Aquí tenemos alúmina precipitada, preparada con mucho

cuidado; ha sido antes calentada hasta blanco, y ahora bajo la descarga molecular arde con el mismo color rojo brillante.

El espectro de la luz colorada emitida por estas variedades de alúmina, es el mismo ya descrito por Becquerel hace treinta años. Hay una línea colorada intensa un poco debajo de la línea fija *B* del espectro, teniendo una longitud ondeada de más á menos 6895. Hay un espectro contínuo empezando en *B*, con unas líneas muy débiles comparadas con la línea colorada, que pueden ser desdeñadas.

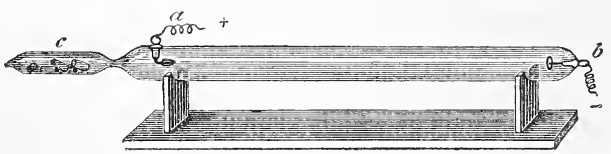
Esta línea se distingue facilmente de la luz reflejada por un buen rubí, al examinarla con un pequeño espectroscopio de bolsillo.

Hay un grado particular de vacío mas favorable que cualquier otro para desarrollar las cualidades de la materia radiante que ahora examinamos, que puede fijarse en cifras redondas á la millonésima parte de una atmósfera (1).

En este grado de agotamiento la fosforescencia es muy fuerte, pero dèspues se disminuye hasta que la chispa se niega á pasar.

Aquí tenemos un tubo (*fig.* 5.ª) que servirá para enseñar que la fosforescencia del vidrio depende del mayor ó menor grado de agotamiento.

Fig. 5.ª



Los dos polos son *a* y *b*, y en el cabo *c* hay un tubo suplementario, que comunica con el otro por una abertura muy estrecha, que contiene la potasa cáustica sólida. El tubo ha sido agotado hasta un punto muy elevado de vacio, y la po-

(1) 1,0 millonésimas de una atmósfera = 0,00076 milim.
1315,789 millonésimas de una atmósfera = 1,00000 milim.
1000,000 » » » = 760,0 milim.
» » » » = 1 atmósfera.

tasa calentada á fin de que suelte su humedad y de que disminuya el vacío. Se vuelve á reagotar el tubo y á recalentar la potasa, repitiendo estas operaciones hasta que tenga el grado elevado de vacío que posee ahora.

Cuando se introduce primeramente la chispa de induccion no se ve nada; el vacío es tan perfecto, que el tubo no es conductor. Pero calentando ligeramente la potasa se desprende una pequeñísima cantidad de humedad. La conduccion empieza instantáneamente, y la fosforescencia verde se produce con brillantez á lo largo del tubo. Se sigue calentando la potasa á fin de vaporizar mas gas; el verde se debilita y una onda de luminosidad nebulosa pasa sobre el tubo, y aparecen estratificaciones que gradualmente se hacen mas angostas hasta que la chispa pase á lo largo del tubo en forma de una línea fina, color de púrpura. Si se retira la lámpara calentadora y se deja que se enfrie la potasa, se notará que la humedad producida por el calor se volverá á absorber. La línea púrpura se ensancha y se separa en estratificaciones finas. Estas, á su vez se ensanchan y se aproximan hácia el tubo de potasa. Una onda de luz verde aparece sobre el vidrio al otro extremo, avanzando y echando las últimas estratificaciones pálidas á la potasa; el tubo se inflama en toda su extension con fosforescencia verde. Si se continúa la observacion se verá este verde llegar á ser mas debil, y el vacío quedará al fin no conductor.

La materia radiante prosigue siempre su marcha en línea recta.

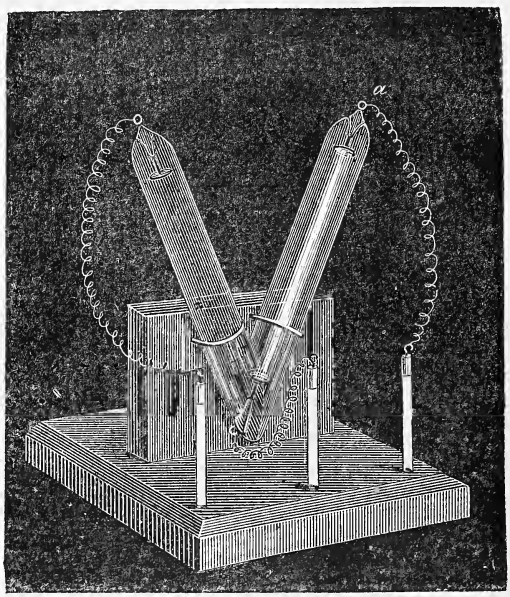
La materia radiante cuyo impacto sobre el vidrio produce una evolucion de luz, se rehusa absolutamente á doblar una esquina, ó en otros términos, á seguir las líneas de un ángulo recto. He aquí un tubo forma de V (*fig.* 6.ª), con un polo en cada extremo.

Como el polo del lado derecho *a* es negativo, se ve que todo el brazo derecho es refulgente con una luz verde, pero al

fondo esta se para bruscamente y no dobla el ángulo para entrar en el brazo izquierdo.

Cuando se vuelve la corriente eléctrica en sentido opuesto

Fig. 6.ª



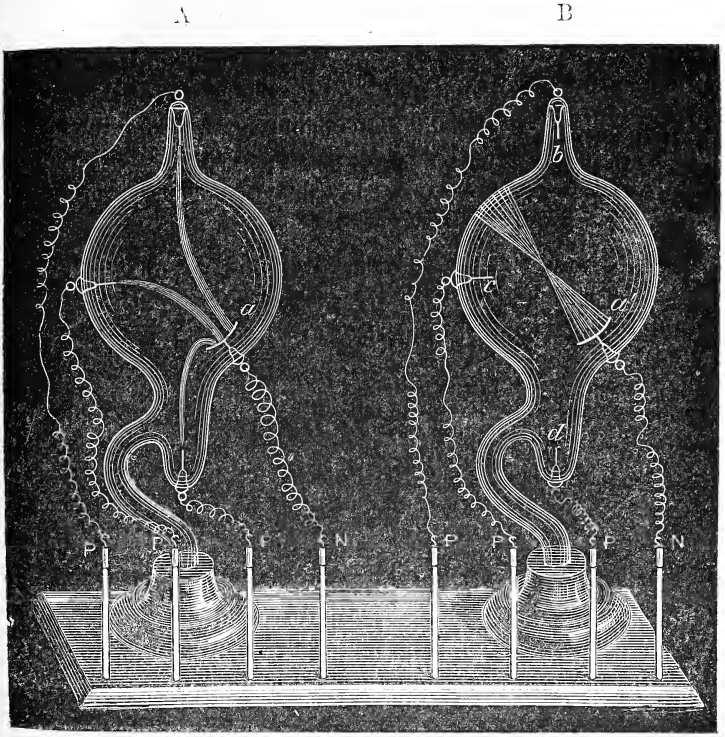
y se hace del polo izquierdo el negativo, el verde cambia al lado izquierdo, siguiendo el polo negativo y dejando casi sin luminosidad el lado positivo.

En el fenómeno ordinario presentado por los tubos vacíos, bien conocidos de todos, hay la costumbre, á fin de hacer resaltar los señalados contrastes de color, de hacer estos tubos doblados y de varias formas fantásticas. La luminosidad producida por la fosforescencia del gas residuo, sigue todas las contorsiones del vidrio. Como el polo negativo está en un extremo y el positivo en el otro, el fenómeno luminoso parece depender mas del positivo que del negativo en los grados ordinarios de agotamiento, hasta hoy empleados para obtener mejor el fenómeno en tubos vacíos. Pero en un grado muy elevado de agotamiento, el fenómeno observado en los tubos vacíos ordinarios cuando la chispa eléctrica

pasa por ellos, es decir, una luminosidad nubulosa y estratificada, desaparece enteramente. Ninguna nube ni indicio de niebla se ve en el tubo, y con un vacío tal como el que empleamos aquí, la sola luz que se puede observar es de la superficie fosforescente del vidrio.

He aquí dos globos (*fig.* 7.ª) iguales en la forma y en la situacion de los polos, siendo su sola diferencia la de que uno es de un grado de vacío, representado por algunos milímetros de azogue, como el que produciria por ejemplo el fenómeno ordinario de luminosidad, mientras que el otro está agotado hasta cerca de la millonésima parte de una atmósfera.

Fig. 7.ª



Primeramente vamos á unir el carrete de induccion al globo *A*, moderadamente agotado; y conservando el polo á un lado *a*, siempre negativo, pondremos el hilo positivo sucesi-

vamente en los otros polos que contiene el tubo; se observará que á medida que se cambia la posicion del polo positivo, la línea de luz violeta, que se estiende de un polo á otro, cambia tambien, porque la corriente eléctrica prefiere siempre el camino mas corto entre los dos polos y se mueve en el globo á medida que se cambia la posicion de los hilos.

He aquí la clase de fenómenos que se obtienen en tubos ordinariamente agotados.

Vamos ahora á repetir el mismo experimento con el globo *B*, altamente agotado, y como antes haremos del polo del lado *a* el negativo y del de encima *b* el positivo, se observará cuán diferente es la apariencia comparada con la del otro globo *A*.

El polo negativo tiene la forma de una taza somera. Los rayos moleculares de la taza se cruzan en el centro del globo, y de allí, separándose, caen sobre el costado opuesto y producen una mancha redonda de luz verde fosforescente.

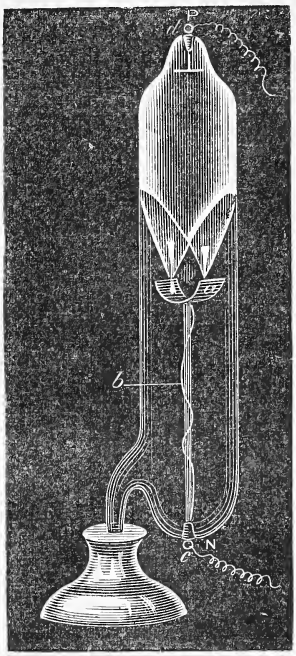
Si cambiamos el hilo positivo de encima y lo atamos al lado *c*, se ve que la mancha verde del foco divergente negativo permanece siempre en el mismo lugar. Si hacemos el polo *d*, de mas abajo, el positivo, se ve que la mancha verde continua siempre en su sitio primitivo, sin cambiar ni de intensidad ni de posicion.

He aquí otra cualidad de la materia radiante. En los vacios muy imperfectos, la posicion precisa del polo positivo es de gran importancia, mientras que en los tubos altamente agotados, la situacion del polo *positivo* es casi indiferente: el fenómeno depende enteramente del polo negativo. Si el polo negativo está bien dirigido en la direccion del positivo, todo saldrá bien; y si tambien el negativo se coloca en la direccion opuesta no importa nada, la materia radiante se lanza siempre lo mismo en línea recta desde el negativo.

Si en lugar de un disco plano, se emplea un hemicilindro para el polo negativo, la materia radiará siempre normalmente á su superficie. El tubo (*fig.* 8.ª) demuestra perfectamente esta cualidad. El polo negativo es aquí un hemicilindro *a* de aluminio pulido. Este está enlazado por

un hilo de cobre fino *b*, que se acaba en el terminal de platino *c*. Al estremo superior del tubo hay otro terminal de platino *d*.

Fig. 8.ª



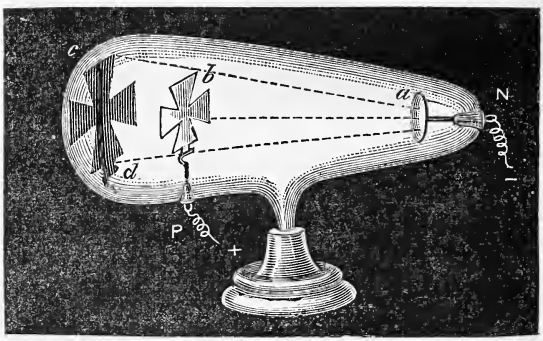
El carrete está aplicado de manera que el hemicilindro sea negativo y el polo de encima positivo; y cuando el tubo esté agotado suficientemente, la proyeccion de los rayos moleculares á un foco queda demostrada de una manera completa.

Los rayos de la materia lanzados del hemicilindro en una direccion normal á su superficie llegan al foco, y entonces divergen trazando su camino en fosforescencia verde muy brillante sobre la superficie del vidrio.

La materia radiante cuando está interceptada por un sólido, produce una sombra.

La materia radiante llega del polo en fuertes líneas rectas, y no llena sencillamente el tubo con luz diseminada, como sucedería si el agotamiento fuese menos perfecto. Cuando no hay nada que interceptar de los rayos, estos tropiezan contra el biombo produciendo fosforescencia. Si un sólido interviene, obstruye los rayos y produce una sombra sobre el biombo. En el tubo aqui delineado en forma de pera (*fig.* 9.ª), el polo negativo *a* está colocado en el extremo mas angosto.

Fig. 9.ª

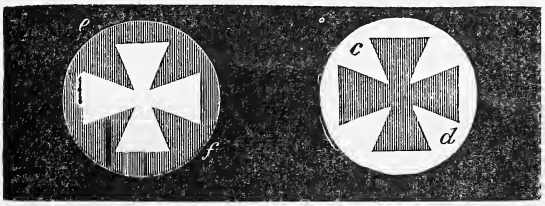


En el centro hay una cruz *b* de aluminio en hoja, colocada de manera que los rayos proyectados por el polo negativo á lo largo del tubo sean parcialmente interrumpidos por ella, para proyectar asi su imágen sobre el estremo hemisferial del tubo el cual es fosforescente. Al comunicar el carrete, se verá la sombra negra bien marcada, sobre el extremo luminoso del tubo *c d*. La materia radiante del polo negativo ha estado pasando por los lados de la cruz para producir la sombra: el vidrio al rededor ha sido amartillado y bombardeado por los rayos hasta que esté apreciablemente calentado, y al mismo tiempo otro efecto se produce en él: su sensibilidad ha sido

amortiguada. El vidrio está fatigado (si se puede aplicar la expresion) por la fosforescencia forzada. Un cambio se ha producido por este bombardeo molecular, que impide al vidrio responder facilmente á mas escitacion; pero la parte sobre la cual ha caido la sombra de la cruz no está fatigada, no ha fosforecido nada, y se encuentra con toda su potencia original.

Para demostrar claramente esto vamos á volcar con una sacudida, la cruz por medio de una bisagra ingeniosamente construida, y así se dejan caer sin interrupcion los rayos del polo negativo sobre el extremo del tubo.

Fig. 10.



Inmediatamente se verá la cruz negra *c d* (*fig.* 10), cambiarse en blanca luminosa (*e, f*), porque las partes ya fatigadas son apenas capaces de fosforescer, mientras que la sombra negra conserva siempre toda su fuerza fosforescente.

Desgraciadamente la imagen de la cruz luminosa desaparece pronto. Despues de un período de descanso el vidrio recobra su poder de fosforescencia, pero no es nunca tan fuerte y bueno como lo fué al principio.

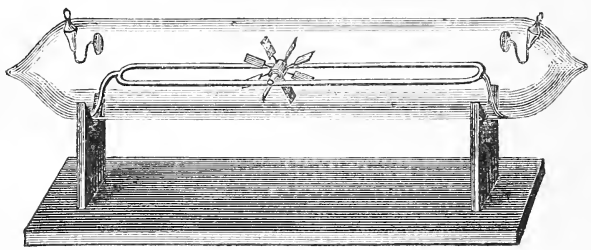
Hé aquí por consiguiente otra cualidad importante de la materia radiante. Se proyecta con gran velocidad del polo negativo, y no solamente se estrella contra el vidrio, haciéndole vibrar y permanecer luminoso algun tiempo mientras dure la descarga, sino que tambien las moléculas lo bombardean con una energía suficiente para producir sobre él una impresion permanente.

La materia radiante ejerce una fuerte accion mecánica en todas las partes á que toca.

Hemos visto ya por la sombra molecular bien definida, que la materia radiante se encuentra detenida por cualquier sólido colocado en su camino. Si este cuerpo sólido está arreglado de modo que sea facil moverlo, la fuerza del impacto de las moléculas estará bien demostrada por una fuerte accion mecánica.

Hé aquí un aparato ingeniosamente construido por Monsieur Gimmgham, segun mis indicaciones, el cual, colocado en la linterna eléctrica, hará visible esta accion mecánica. Se compone de un tubo de vidrio altamente agotado (*fig.* 11), con un pequeño tramvía de vidrio de un estremo al otro. El eje de una pequeña rueda se apoya sobre los rieles, y esta tiene á los estremos de sus rayos unos canalotes anchos construidos

Fig 11.



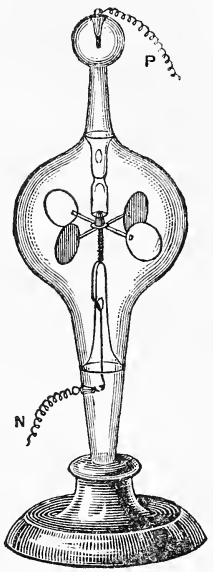
con mica. A cada estremo del tubo, y un poco mas arriba del centro, hay un polo de aluminio, de modo que de cualquiera de los polos que se haga el negativo, la corriente de materia radiante se lanza de él á lo largo del tubo, y estrellándose contra los canaletes (paletas) superiores de la rueda, la hace mover y caminar sobre los rieles.

Al cambiar los polos se puede detener la rueda y hacerla volver sobre su camino, y mas aún, si se inclina un poco el tubo, la fuerza del impacto basta para hacer á la rueda subir

la pendiente. Este esperimento demuestra por consiguiente, que la corriente molecular del polo negativo es capaz de hacer mover un objeto colocado en su camino.

Lanzando así las moléculas violentamente del polo, debe éste retroceder de ellas, y este retroceso puede apreciarse si se arregla un aparato de manera que el polo negativo sea movedizo, mientras que el cuerpo que recibe el impacto de la materia sea fijo. En apariencia este aparato se asemeja mucho al radiómetro ordinario con paletas cubiertas con discos de aluminio, y cada disco forrado por un lado con una película de mica (*fig.* 12).

Fig. 12.



El molinete con los discos está sostenido por una taza de acero duro en lugar de vidrio, y la punta de aguja sobre la cual gira éste, está unida por medio de un hilo al terminal de platina metido en el vidrio del tubo.

En la parte superior del globo hay otro terminal herméticamente cerrado en el vidrio. Arreglado así, el radiómetro puede ser unido á la bovina, haciendo del molinete el polo negativo.

Para estos efectos mecánicos no se necesita que el agotamiento sea tan alto como cuando se produce fosforescencia. La mejor presion para este radiómetro eléctrico, es la que está un poco mas allá del punto en el cual el espacio obscuro al contorno del polo negativo, se estiende á los costados del globo.

(*Se continuará.*)

VARIEDADES.

Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales. *Premios de* 1878.—En el concurso abierto por esta Real Academia para premiar en la Seccion de Ciencias exactas, una Memoria acerca de la «*Exposicion elemental y completa, histórica y didáctica de la teoría y principales aplicaciones de las cantidades imaginarias, etc.*, ha acordado la Academia conceder Mencion honorífica, á la señalada con el lema:

«La Matemática es la metafísica más luminosa, más legítima y más autorizada por la verdadera crítica.»
(Rey y Heredia.)

Sobre el tema siguiente, que corresponde á la seccion de Ciencias naturales «*Catálogo descriptivo de un grupo natural de la Fauna española, indicando las especies de que el hombre saque ó pueda sacar alguna utilidad, y aquellas otras que le sean perjudiciales*, ha acordado tambien la Academia conceder Mencion honorífica á la Memoria señalada con el tema *Nihil admirari.*—Horacio.

Siendo necesario, segun la regla 15 de las publicadas para adjudicacion de premios, para proceder á la apertura de los pliegos que contienen los nombres de sus autores, que estos, conformándose con el acuerdo de la Academia, concedan autorizacion para ello, se anunció al público para que los autores se presentasen en Secretaría, con el recibo que de la misma dependencia obtuvieron, para manifestar dicho consentimiento, señalándose al efecto el término de dos meses.

Y habiéndose en efecto presentado: el autor de la primera Memoria ha resultado ser D. Zoel García de Galdeano, y de la segunda D. Leopoldo Martinez Reguera, Doctor en Medicina y Cirugía, y Director de los baños de Puerto-Llano.

Lo que se anuncia al público para su debido conocimiento. Madrid 20 de junio de 1880.=El Secretario, *Antonio Aguilar.*

Fallecimiento de Señores Académicos.—La Academia ha pérdido recientemente dos de sus Académicos numerarios, el Excmo. Sr. D. Celestino del Piélago, que ha fallecido en Comillas, el 2 de Julio, y que pertenecia á la seccion de Ciencias exactas, y el Ilmo. Sr. D. Ramon Llorente, que pertenecia á la de Ciencias naturales, y ha fallecido el 27 de Julio último.

31 MAR 1886

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS FISICAS.

De la electrólisis cuantitativa del azogue y del cobre. (*Continuacion.*).... 193
Análisis cuantitativa de algunas ligas metálicas..... 219
Progresos de la telegrafía eléctrica.—Trasmision simultánea. *(Continuacion.)*..... 231
Memoria sobre la Materia Radiante..... 235
Variedades..... 254

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.° 5.°

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1881.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

	Rústica.
Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales: tomo 1.°—Ciencias naturales.	50 rs.
Id. id.: tomo 2.°, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte	20
Id. id.: tomo 3.°—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 4.°—Ciencias naturales.	50
Id. id.: tomo 5.°, parte 1.ª—Ciencias naturales.	20
Id. id.: tomo 6.°—Ciencias físicas	50
Id. id.: tomo 7.°—Ciencias exactas	50
Id. id.: tomo 8.°—Ciencias naturales	50
Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales: 20 tomos, cada uno	24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año	24
Id. en provincias, 4 id. id.	30
Id. en el extranjero, un año	36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 100 rs. cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

EL DETERMINISMO Y LA LIBERTAD MORAL.

(Continuacion.)

IX.

Hemos procurado presentar en los párrafos anteriores, bajo la forma mas elemental y sencilla que nos ha sido posible, aquel conjunto de conocimientos matemáticos indispensables para comprender la profunda concepcion de Mr. Boussinesq; y aunque para las personas versadas en tales materias hayamos pecado de difusos é insistentes, aún nos asalta el temor de no haber sido bastante claros para la mayor parte de nuestros lectores. Perdónennos *aquellos* en consideracion á *estos*, si aún volvemos á nuestro tema, y si por medio de un nuevo símil condensamos en forma sensible y material lo expuesto hasta aquí, preparando de este modo lo que nos resta por decir en esta série de artículos.

Imaginemos un *rio principal*, símbolo de la curva ó trayectoria que pudiera describir determinado móvil: por ejemplo *una partícula material*. El cauce será una línea, en vez de agua circulará un átomo, y la corriente contínua quedará reducida, por decirlo así, á una sola pequeñísima gota. Este rio principal, esta corriente de seccion infinitamente pequeña y de caudal mínimo, es lo que hasta aquí llamábamos *integral singular*. Para mas sencillez en la expresion, démosle un nombre, sea este nombre una letra, y sea esta, la letra *S*. Es decir, que para nosotros, *rio principal*, *integral singular* ó *línea S* serán tres nombres de una misma cosa: la trayectoria que podria describir un átomo en determinadas condiciones iniciales.

Supongamos ahora, que á este rio ó cauce central, vienen multitud de otros cauces, un número infinito de otros riachuelos ó corrientes secundarias, una série de rios tributarios de aquel, que hemos elegido por línea ó eje comun. Cada uno de estos arroyos llega al rio central tangencialmente, es decir, que le toca sin discontinuidad en un punto de su curso, y despues de él se separa, como si fuese una derivacion ó sangría de las que en las corrientes de agua se hacen para el riego de los campos próximos. Designemos aún por letras, para simplificar la explicacion, estas diversas líneas, cauces ó afluentes, que se acercan á la principal, que la tocan, y que despues de ella se separan. Sean pues las trayectorias ó rios secundarios P, P', P'', P'''..., denominaciones que, segun uso matemático, se leerán *P, P prima, P segunda, P tercera*... Lo que digamos de una de estas líneas, queda dicho de todas, y podremos por lo tanto, hacer mencion en adelante únicamente de la línea, cauce, ó rio secundario P, omitiendo el nombre de los restantes.

Esta línea P será una de las curvas representativas de las *integrales particulares*, y por ella circulará, no un caudal contínuo, sino una gota, un elemento material, en una palabra, un átomo. Más aún, esta línea ó cauce ideal P (como todos los otros que hemos convenido en omitir, para abreviar la espresion) se compone de dos partes: la que afluye á S hasta tocar dicha línea, la que se separa ó deriva de S como ramal distributivo del sistema. A la primera parte de la línea P la designaremos por la letra A, inicial de *afluente;* á la segunda por la letra D, inicial de derivado ó *derivacion*. Por último, al punto de contacto de P con S, ó sea de la integral particular con la integral singular, le designaremos por t, que recuerda, por ser inicial de tangencia, que en él se tocan ambas curvas.

En resúmen, y perdone el bondadoso lector tanto detalle enojoso y tanta explicacion prévia, P, P', P''..., son las integrales particulares, los cauces ó corrientes secundarias del sistema que nos proponemos estudiar, las varias curvas, en fin, que el móvil podria describir segun fuesen las condiciones iniciales; y S la corriente principal á que todas las demas acuden, la línea singularísima á que todas las demas tocan, en

una palabra la integral singular, segun las definiciones que dimos en los párrafos anteriores.

Por último, cada línea *P* está dividida en dos partes por su punto de contacto *t* con la línea *S*, á saber: 1.º *A*... la que se acerca ó afluye al rio principal *S;* 2.º *D*... la que se separa, aleja ó deriva de este mismo cauce central; y el sistema se compone segun esto, de un rio principal *S*, de una série de afluentes ó rios secundarios *A*, *A'*, *A''*..., y de una série de brazos de derivacion *D*, *D'*, *D''*, que arrancan de la línea comun *S*.

La imágen que precede es clara y sencilla: cualquier valle medianamente cultivado la reproduce una y cien veces: es signo de fecundidad en la vida agrícola, como es signo de fecundidad en la vida del pensamiento, para el más árduo problema de la filosofía, ó al menos de aquella parte de la filosofía que con los intereses del sér humano se relaciona.

¿Quién no ha visto serpentear un rio en el fondo de rico y anchuroso valle, y una série de riachuelos bajar de una y otra ladera á enriquecer su caudal, y otra série de ramales ó acéquias robarle sus aguas, y de él huir, y por toda la zona regable distribuirlas como elemento de vida y gérmen de riqueza?

Pues el que esto ha visto, ha estado viendo, sin saberlo, un sistema de integrales particulares, una integral singular, y la resolucion en cifra, y el silencioso símbolo de un gran problema, al propio tiempo moral y físico, y de la ingeniosa y profunda teoría del ilustre matemático francés.

Pero no llevemos el simil mas allá de lo que la exactitud consiente: estas líneas ó cauces son harto pobres en caudal, son formas del movimiento y no otra cosa, por todas ellas no puede circular mas que una sola gota, digámoslo así, un solo átomo de masa *m*, que va deslizándose por alguna de las líneas del sistema, mientras las restantes están en seco, si nos es permitida esta manera de expresarnos. El conjunto de todas las curvas mencionadas dibuja en el espacio *la posibilidad* de diversos movimientos de la partícula *m;* son líneas imaginativas, trayectorias que acaso sean ó que pudieron ser; adivinacion, en el espacio homogéneo, de todas las curvas compati-

bles con las leyes de la mecánica, pero no mas. Todas á la vez no pueden realizarse: se *realizará* una sola, y se realizará segun vamos á ver, ó bien por virtud de los principios inflexibles de la materia y en pleno y vencedor determinismo, ó por la accion libre, espontánea y *puramente directriz* del espíritu.

Y henos ya en el corazon del problema.

Sin embargo, todavía la imágen que precede no es del todo exacta: aún sería preciso completarla y dar variabilidad al sistema, y suponerlo múltiple en la mayor parte de los casos; pero detalles son estos que nos llevarian muy léjos, y quizá por pretender una extrema precision, concluiríamos por ser oscuros ó ininteligibles.

Valga pues el símil que precede, como figura simbólica ó esquemática, y estudiemos las consecuencias que de lo dicho hasta aquí se deducen.

X.

Hasta aquí nos hemos referido *á un solo átomo*, y á él hemos unido por el pensamiento la red de curvas que podria recorrer: unas en un caso, otras en caso distinto, y determinada cada curva en particular segun las condiciones iniciales. Pero el organismo humano, como todo organismo, se compone no de un átomo ó elemento material, sino de muchos átomos, de millones y millones de ellos; y *para cada uno*, y mas particularmente para aquellos que componen el sistema nervioso, debemos considerar una red especial de trayectorias posibles, estendiéndose ante cada átomo idealmente, como otros tantos caminos abiertos á su marcha fatal y necesaria, si el determinismo triunfa, á su curso libre, si Mr. Boussinesq logra sacar á salvo la libertad humana.

Fijemos aún más las ideas.

El cerebro del hombre, lugar privilejiado, segun el vulgar sentir, del pensamiento, de la conciencia y de la voluntad, se compone fundamentalmente de dos clases de sustancias: la *sustancia gris*, conjunto de celdillas nucleadas (y valga la palabra para espresar celdillas con núcleo), en las que, ó

con las que, se ejercen las altas funciones espirituales; y la *sustancia blanca*, tejido de tubos ó líneas de comunicacion entre las celdillas de la sustancia gris. En suma, *celdillas grises*, misteriosos é impenetrables laboratorios de las sensaciones, de los juicios, de las ideas y de las voluntades; é *hilos* eléctricos, por decirlo así, que reunen, combinan, transmiten, organizan, acumulan los elementos espirituales de la vida consciente, esparcidos en aquellas celdillas que acabamos de mencionar. Supongamos que esta sumaria descripcion es exacta, y siéndolo, tomemos como parte fundamental de todo el cerebro una *celdilla gris*, con el protoplasma que la rellena, con el núcleo de su interior, con el núcleo de su núcleo, y con sus misteriosas organizaciones internas, que allá se pierden en el insondable abismo de la nada, huyendo de la impotente esploracion del microscopio.

Debemos imaginar, para comprender la teoría de Monsieur Boussinesq, cada celdilla como un conjunto de átomos en número enorme; cada uno de ellos como una masa m; y á disposicion, por decirlo así, de cada *átomo real*, una série, ó sistema, ó red de cauces ideales, de trayectorias de antemano preparadas por las leyes de la mecánica, dispuestas como *posibilidades realizables*, y correspondiendo cada una á distinta condicion inicial, y todas tocando á su respectiva integral singular.

Cada átomo de la celdilla gris es, en cierto modo, un sér infinitamente pequeño, ante el cual se estiende una série de curvas A, A', A'', que afluyen á otra central S, de la cual se separan al punto otras nuevas curvas D, D', D'', verdaderas prolongaciones de las primeras.

De este sistema, solo una curva A describe en realidad cada móvil; solo un trayecto de las líneas S, que podrá ser nulo en ocasiones; y no mas que una de las líneas D, de derivacion: las restantes, fuera de esta trayectoria real, las ve el espíritu con su luz maravillosa, el pensamiento las toca en el campo abstracto de la geometría, la ciencia las dibuja en el fondo oscuro del cerebro como rastros de fuego, pero nunca pasan de meras posibilidades con que la libertad brinda á la fuerza espontánea del alma. La verdadera trayectoria es, ó será,

una sola, y ella corresponderá de hecho, ó á nobles acciones, ó tal vez á acciones indignas; ella será el símbolo geométrico en el fondo de aquella celdilla, ó de grandes virtudes, ó de repugnantes crímenes, ó de lánguido y vulgar indiferentismo quizá; ella escribirá en el seno del protoplasma, ó desfallecimientos del espíritu ó triunfos sobre las leyes mecánicas y fatales: la historia moral en suma de aquel sér. *Lo pasado*, que ya es un hecho; *lo porvenir*, que será *un algo*, en que han de tener su parte la fatalidad de la materia, las leyes inflexibles de la mecánica, y tambien la fuerza espontánea de la vida consciente, que rompe la série única y lineal de los hechos para cada átomo; y por último, *el momento actual*, en que dicho átomo toma su camino, realizando una de las curvas D con esclusion de las otras D', D'', D'''...: en fin todo, *pasado*, *porvenir* y *actualidad*, figura idealmente en las múltiples y laberínticas líneas del sistema de que venimos ocupándonos.

Pero no anticipemos las ideas, que á punto hemos de llegar bien pronto de exponer la teoría de Mr. Boussinesq, condensada en brevísima fórmula.

Mas para evitar toda complicacion al exponer cosas y materias de suyo complicadas, para simplificar la frase y condensar las ideas, aunque todo organismo supone multitud de átomos que entre sí se atraen ó rechazan, supondremos, segun há poco dijimos, que se trata de un átomo no mas; pero advirtiendo, que precisamente las atracciones y repulsiones que los demas átomos ejercen sobre él, son las causas que, en combinacion con las que se refieren al estado inicial, determinan su movimiento, salvos aquellos especialísimos casos en que interviene la fuerza directriz del espíritu.

Sea pues un átomo único, que llamaremos m, de las celdillas que componen la sustancia gris: un cerebro, por decirlo así, monoatómico: un sér consciente y libre reducido á su mínima espresion: un alma con cuerpo tan sutil, sencillo y elemental, que no pasa del punto geométrico; y ante ese átomo, ó punto, imaginemos una red de cauces ideales, de invisibles líneas formando los afluentes A, A', A'', las derivaciones D, D', D'' (componentes de las integrales P, P', P''), y por último el rio central ó integral singular S.

A este sistema, puramente simbólico, vamos á aplicar la teoría objeto de nuestro estudio.

XI.

Las condiciones iniciales del átomo *m*, ántes de llegar á ser cuerpo y cerebro de un sér espiritual, pudieron ser varias. A ser unas, el átomo *m* hubiera descrito la curva *P* compuesta de las dos partes *A* y *D:* siendo otras, la trayectoria hubiese sido *P'*, segunda integral particular; de haberse verificado nuevas y distintas condiciones, el móvil habria trazado otra distinta curva *P''*, y así sucesivamente. Pero las cosas en la realidad no pueden, en un momento dado, ser de dos diversas maneras, y las condiciones iniciales habrán sido unas solas, fijas, determinadas, é inconfundibles: supongamos que hayan sido precisamente las que corresponden á la curva *P*. Esta será pues la trayectoria descrita, la realidad, la historia de nuestro átomo: esté será el rio de nuestro ejemplo, el que ha de recorrer la gota de agua, á que hemos llamado *m*, ántes de llegar al gran rio central, lugar y asiento de la vida, de la espontaneidad y del libre albedrío. Y en efecto el punto *m* trazó la línea *A*, primera parte de *P*.

Mientras *m* siguió la curva *A*, sólo á fuerzas físicas estuvo sujeto: las leyes de la mecánica determinaron su marcha: no pudo ser sino lo que fué, dadas las condiciones del momento inicial, y las fuerzas atractivas ó repulsivas de los momentos siguientes: caminó, pues, en pleno determinismo, cada instante determinó el sucesivo, y la ley del mundo inorgánico imperó sin rival.

La curva descrita ¿corresponde á movimientos que en el lenguaje humano significan, un rio que corre, un peñasco que rueda, una chispa eléctrica que salta? Pues ello habrá sido por ley fatal, y no habrá podido ser de otra manera. Pero el móvil llega á la proximidad del punto *t;* la curva *P* penetra en el organismo humano; la integral particular toca á la integral singular; el afluente desemboca en el rio, y he aquí el momento crítico y la solucion de Mr. Boussinesq para este momento.

En efecto, el punto *t* pertenece á la vez á la integral particular y á la integral singular: para llegar la masa *m* hasta él, no ha sido preciso hacer violencia á las leyes de la Mecánica, ántes puede decirse que las ecuaciones diferenciales han traido al móvil hasta el punto de bifurcacion: por otra parte, las dos curvas *P* y *S*, ó el afluente y el rio central, ó la integral particular y la solucion singular, que todo es lo mismo, se tocan en *t*, sin formar ángulo, sin discontinuidad alguna, sin choque, digámoslo así, puesto que en este punto la tangente es comun á ambas líneas: y en fin *suponemos por ahora* que la velocidad con que llega la masa *m* al punto *t* es la misma que tendria, si habiendo sido otras las condiciones iniciales, en vez de recorrer la curva *P*, hubiese venido caminando por la solucion singular *S*.

Y aquí se plantea el siguiente problema: de los dos caminos que se estienden ante el átomo *m*, de los dos cauces que puede seguir la gota de agua de nuestro ejemplo, á saber, el rio principal *S* y la derivacion *D*, ¿cuál deberá seguir?

El punto de partida es el mismo, *t;* punto comun de *A* y de *S*.

La direccion del movimiento, la misma: la de la tangente en *t* á ambas curvas, y tangentes suponemos que son.

La velocidad, idéntica, ya venga *m* recorriendo *A*, ya hubiese recorrido la línea singular *S*.

Las ecuaciones diferenciales, ó sean las leyes del movimiento, satisfechas quedan desde el punto *t* en adelante de igual suerte para las dos curvas; puesto que si *P*, ó sus dos arcos *A* y *D*, constituyen una integral particular, tambien es integral, aunque singular, la línea *S*.

En suma, no hay razon, ni causa *que determine* el camino que *m* deba seguir á partir del punto en que el afluente *A* llega al rio principal *S*. Lo mismo puede seguir la gota de agua, que en nuestro ejemplo representa el móvil, el cauce de derivacion, que el rio principal; en uno y otro, todas las condiciones de la mecánica quedan satisfechas: dos soluciones, dos caminos se ofrecen á la vez ante el móvil, y las leyes del movimiento resultan impotentes para decidir cuál de ambos ha de realizarse. Dentro del determinismo hay indeterminacion;

eleccion dentro de la fatalidad; á la ley de los hechos en série única viene á sustituirse una doble série, que arranca de una bifurcacion; y en fin, las fuerzas medidas en kilógramos resultan insuficientes é ineficaces para lanzar al punto móvil por uno ú otro camino *P* ó *S*, ó por mejor decir *D* y *S*. Se hace pues necesario, para que la indeterminacion cese, y para que el átomo *m* elija camino, una *accion directriz* que complete el mundo de lo inorgánico, las leyes de la dinámica, y las acciones de las fuerzas materiales en lo que resultan deficientes. Este punto de contacto *t* entre la integral particular que viene trazando en realidad el móvil y la integral singular, es aquel en que la accion espontánea del espíritu, la fuerza directriz de la voluntad libre, puede hacerse sentir, y en ese punto y en ese instante, por cesar la determinacion mecánica, adquirirá el sér libre por adelantado responsabilidad ó mérito: punto é instante que en cierto modo deciden del porvenir.

¿El punto ó masa *m* sigue por la curva *P?* Pues desde el momento en que abandona el cauce de la integral singular, de esa línea única y privilegiada en que dicha masa *m*, gota de agua de nuestro ejemplo, está suspensa de la voluntad, para caer de uno ú otro lado, para elegir uno ú otro camino, desde ese momento, repetimos, todo lo que suceda despues será ya mecánico, material, necesario, absolutamente determinado: la marcha de *m* por *P*, ó mejor dicho por *D*, será un acto fatal, consecuencia de una determinacion libre tomada por el espíritu en el punto de derivacion *t:* pudo entrar *m* en el cauce *D* ó seguir por *S*, y en esto consiste la libertad, la eleccion, la indeterminacion mecánica; una vez en él, será lo que sea y se realizará lo que el movimiento de *m* por su trayectoria de derivacion signifique, bueno ó malo, infame ó sublime, y en esto consiste á su vez la fatalidad, lo necesario, el determinismo.

¿Es por ventura, que el hecho de circular la masa *m* por la curva *P* en el fondo de la celdilla de sustancia gris á que pertenece, trae consigo el desarrollo de cierto fluido eléctrico ó nervioso en el origen ó raiz de determinada fibra de la sustancia blanca? ¿Es acaso que la corriente nerviosa que nace ha de llegar á ciertos músculos del brazo, y ha de ser en ellos

causa ocasional de poderosas acciones químicas? Es quizá, que el calor desprendido en dichas acciones, convertido en fuerza motriz, modificando las dimensiones de los músculos y tirando de estos ó aquellos tendones, ha de hacer que el brazo caiga armado de agudo puñal sobre el pecho de una víctima?

Pues el acto, aunque envuelto en las sombras del determinismo mecánico, es voluntario; y el agente es responsable; y el crimen es crimen; y la sangre derramada, sangre derramada es, y pide justicia con justicia y verdad. Porque es lo cierto que si bien la molécula *m* desde el punto de bifurcacion caminó á lo largo de la curva *D* bajo la accion fatal de fuerzas mecánicas, y cuantos hechos siguieron á este, como desarrollo de la corriente nerviosa, contraccion de los músculos y movimiento del brazo, fueron hechos necesarios, tambien lo es que el origen de todos estos hechos fué un acto libre y espontáneo: á saber, la eleccion de la curva *D* con preferencia á la curva *S;* el haberse separado el átomo *m* del cauce central, lanzándose por una de las líneas de derivacion; el hecho de resolverse la indeterminacion mecánica del punto *t* por la accion directriz del espíritu.

De la curva *S* parten infinitas líneas *D*, *D'*, *D''*...: cada una corresponde, en cada instante, á un movimiento determinado del organismo; á un acto material con distinta *característica moral*, por decirlo así; á una posibilidad que, ó en la esfera de lo posible quedará por siempre perdida, ó en realidad se convertirá al fin, segun que el libre albedrio obligue al átomo *m* á continuar por la línea *S*, ó le lance por una determinada línea de derivacion.

Y en efecto, cuando el punto *m*, describiendo una de las integrales particulares *P*, llega á uno de los puntos *t* de bifurcacion, dos caminos, como tantas veces hemos dicho, se le presentan y ofrecen, sin que las fuerzas materiales del sistema le precisen á seguir uno de ellos con preferencia al otro. Podrá ir por *D*, ó seguir por el cance central ó integral singular *S*. Si elije la primera solucion, todo lo que suceda despues será ya necesario y fatal: si escoge la segunda y marcha por el rio central de nuestro constante ejemplo, se ofrecerán repetidamente á la espontaneidad del espíritu las bifurcaciones

t', t'', t'''..., puntos de donde arrancan otros tantos canales ó curvas correspondientes á diversas integrales particulares. En t' constituyen las lineas S y D' una verdadera bifurcacion: en t'', nueva ambigüedad geométrica representada por los cauces S y D'': en t''', tercera indeterminacion mecánica ante el átomo m; y de esta suerte una, y otra, y otra vez aparece el mundo de la realidad exigiendo una fuerza directriz que supla la ineficacia de las fuerzas materiales y la absoluta impotencia de las leyes de la dinámica.

Precisemos aún mas las condiciones del problema: supongamos que la curva de derivacion D representa movimientos del organismo físico correspondientes á un acto criminal, y que por lo tanto representa y simboliza dicho acto; la curva D' un acto indiferente sin característica moral determinada; la curva D'' un acto noble ó virtuoso; la curva D''' algo como sacrificios, abnegacion, rasgos sublimes de la vida humana, etc.: pues bien todas estas líneas, cada una de las cuales representa aisladamente determinismo, fatalidad, leyes mecánicas, están unidas, por decirlo así, por una curva única S, integral singular, cauce central de todas ellas, lazo que las ata, paso real, espontáneo y libre de unas á otras, fórmula geométrica, esquema maravilloso, rastro invisible pero eficacísimo de libertad, circulando por entre el fatalismo, filete de luz entre sombras, solucion admirable del mas pavoroso problema que ha hecho estremecer el cerebro de los pensadores, y que ha torturado con los garfios de hierro de la duda tantos y tantos corazones nobilísimos.

Circula, por decirlo así, el átomo m en el seno del protoplasma de la celdilla de sustancia gris que consideramos, como gota pequeñísima por un rio ó arteria central S de la cual parten, y á cuyo alrededor se estienden en infinitos y misteriosos cauces, líneas ideales de posibilidad; el bien y el mal, lo grande y lo pequeño, lo indiferente ó lo sublime, los mil matices de la vida humana. Puede seguir el átomo m, sujeto á la accion directriz del espíritu, su marcha por ese rio central en absoluto indiferentismo, suspensa la voluntad, el pensamiento indeciso, en espera constante de una decision, dejando á un lado y otro de aquel rio, que en sí absorbe todos

los fatalismos y de sí los lanza transformados en libertad, una y otra, y otra derivacion; pero cuenta que desde el instante en que abandone esa singularísima arteria y penetre en cualquiera de los canales ó líneas que son prolongaciones de las integrales particulares, desde ese instante, repetimos, por una parte la responsabilidad comienza, por otra lo que haya de ser será fatalmente segun la característica afecta á la trayectoria elegida. Y todo sucederá en la apariencia, ni mas, ni ménos, que si el libre albedrío no existiese, que si no existiese la voluntad, que si solo imperase el mas absoluto determinismo, y que si las condiciones iniciales hubiesen sido las correspondientes á la curva en que el átomo *m* penetró por la accion espontánea de la causa libre que á él vino en cierto modo unida á todo lo largo del cauce central.

XII.

Tal es la solucion del eminente matemático francés, para el problema del determinismo. Mas adelante estudiaremos su fuerza lógica, su valor práctico, sus mayores ó menores probabilidades filosóficas, y aun su posibilidad como cuestion de mecánica pura; posibilidad negada por algunos, y entre otros por el ilustre matemático Mr. Bertrand: por ahora limitémonos á estudiar la solucion propuesta como si fuese buena y aceptable, y estuviese plenamente demostrada.

Vemos segun lo espuesto, que la teoría de Mr. Boussinesq consiste, en que para cualquier instante, mientras se trata de integrales particulares, las ecuaciones diferenciales del movimiento determinan sin ambigüedad, y por soluciones únicas, las variaciones infinitamente pequeñas de las coordenadas que determinan la posicion en el espacio de cada punto material, y por lo tanto la *posicion única* de este en el instante siguiente; al paso que en ciertos puntos de las curvas representativas de las integrales particulares, que son aquellos en que cada integral particular toca á la integral singular, las ecuaciones diferenciales no dan soluciones únicas, sino multiples, una ambigüedad aparece, una bifurcacion se presenta ante el móvil, ambos caminos son posibles, ambos satisfacen á las

condiciones del momento inicial, y á las ecuaciones diferenciales del movimiento, y las leyes de la Mecánica no bastan ya para determinar cuál deba ser entre ambos el camino realizado.

Ambos son posibles dentro de la Dinámica, pero ambos no pueden ser al mismo tiempo; y de aquí la necesidad imprescindible de agregar á las fuerzas materiales, atractivas ó repulsivas de los átomos, un *principio director*, algo que no será fuerza material, que no podrá medirse en kilógramos, cuyos efectos no podrán espresarse en caballos de vapor, que no aumenta energía, ni potencial ni actual, á la energía total del universo, aunque tampoco la merma; una cosa en fin cuya accion suprasensible se llama libre albedrío, cuya misteriosa esencia se llama espíritu libre en las altas esferas humanas, y que convertida en *substratum* denominan alma todas las escuelas espiritualistas.

Y la argumentacion de Mr. Boussinesq será invencible si llega á probarse que los organismos vivos, y entre ellos el del cerebro humano, como el mas perfecto, son susceptibles de soluciones singulares análogas á las que hemos procurado esplicar en este artículo; y su teoría tendrá altas probabilidades filosóficas, aun cuando no se encuentre la demostracion rigurosa, si la esperiencia prueba que la *instabilidad* va creciendo constantemente al pasar del mundo inorgánico al mundo orgánico, y es tanto mayor cuanto mas elevados son los séres en la escala de la vida.

Lo primero, es decir, una demostracion matemática, es imposible en el estado actual de la ciencia, porque la complicacion es inmensa en todo sistema organizado, y si tanto cuesta el célebre problema de los tres cuerpos, ¿quién sería capaz, no de resolver, sino de escribir en ecuaciones diferenciales el mas elemental movimiento de una sola celdilla de la sustancia gris? Pero si la demostracion es imposible, en cambio toda la Física moderna, todas las nuevas teorías de la Química, todos los adelantos de la Biología, tienden á demostrar dos grandes leyes de los seres vivos, y por lo tanto de la vida humana; á saber:

Primera ley. Todas las de la Física y las de la Química

se aplican sin alteracien alguna á los séres orgánicos, superponiéndose en ellos como se superponen las ondas de luz ó de calórico, sin destruirse ni modificarse, íntegras, inalterables, eternas.

Segunda ley. Las sustancias orgánicas constituyen sistemas *mas* y *mas instables* cuanto mas se sube en el proceso de organizacion, de suerte que fuerzas infinitamente pequeñas del órden físico pueden alterarlas en su constitucion dinámica. Diríase que en el mundo inorgánico cada molécula tiene trazado su camino de una manera fija é inalterable, al paso que en los séres vivos este camino aparece como dudoso é incierto.

Pero no adelantemos las ideas: ya en otra ocasion volveremos á insistir sobre este punto fundamental; por ahora completemos la exposicion de la teoría de Mr. Boussinesq presentando un ejemplo.

Este es el método seguido por el insigne matemático, este será tambien el método que seguiremos.

XIII.

Ejemplo para esclarecer la teoría. Supongamos una curva ríjida, invariable, infinitamente resistente, sin flexibilidad por lo tanto, y sin rozamiento. Su forma supondremos que es la de una *sinusoide*, que es la que afectan en su perfil las ondas del mar, ó una série de montañas paralelas. Así, la curva, á partir de uno de sus puntos, se eleva progresivamente, alcanza su punto mas alto, presenta en él, por decirlo así un pequeño descanso, un elemento horizontal, como dicen los geómetras, que viene á ser la cresta de aquella ola figurada, la meseta de aquella imaginaria montaña. Despues desciende, en cierto modo cae, y al fin llega á su punto mas bajo, donde parece reposar de nuevo en su horizontal, como formando la depresion de la ola, el valle de la montaña. Y de allí vuelve á subir otra vez, para volver á bajar repitiendo la misma configuracion geométrica en série indefinida, como reproduccion exacta del primitivo período. Es la misma ola que se multiplica, una série de idénticas montañas, un ritmo geométrico, en fin, de elevaciones y descensos á las mismas profundidades y á las mismas alturas.

Esta es, dejando á salvo su definicion rigurosa, la sinusoide de los geómetras, ó al ménos una curva que á ella se asemeja en su trazado general.

Pues bien, esta curva es la que ha de describir una pequeña molécula *m* bajo la accion incesante de la gravedad, partiendo de cierto punto y con cierta velocidad inicial. Todas las condiciones del movimiento estan rigurosamente determinadas, y parece que el movimiento debia en todo caso estar tambien determinado sin ambigüedad alguna.

En efecto, la trayectoria del punto *m* es conocida y fija, la sinusoide; las condiciones iniciales, conocidas y determinadas, son tambien *el punto de partida* y la velocidad; las fuerzas contínuas estan reducidas á una sola, la gravedad; su direccion constante, su intensidad siempre la misma.

Parece, segun lo expuesto, que el determinismo ha de imperar, en el sistema que estudiamos, con imperio absoluto. Presentad esta imágen á un positivista de la estrema izquierda, de esos que casi se confunden con los materialistas; decidle que esa sinusoide está trazada en el seno de la sustancia gris de un cerebro humano; que esa molécula es una molécula de fósforo que por la sinusoide circula; que todas las fuerzas físicas y químicas de la masa cerebral redúcense á una sola fuerza constante en direccion é intensidad; y que todas y cada una de las demas moléculas de la masa encefálica estan en igual caso, y él os demostrará, ó creerá demostraros, que el libre albedrío es imposible en semejante sistema, que la molécula de fósforo no puede estar en cada instante sino donde está, y que por lo tanto el ser que en sí lleva la invisible curva es un autómata esclavo de su organismo é irresponsable de sus actos. ¿Allá el fósforo subió á la cúspide de la montaña, y alumbró dilatados horizontes, y lanzó alma y cuerpo á prodigiosas empresas? Pues ahí teneis al autómata convertido en héroe ó en genio. ¿Hundióse la partícula fosfórica en la sima oscura de aquella ola simbólica? Pues ved al pobre sér arrastrarse por entre el cieno social sin esperanzas de redencion. ¿Quedóse la molécula fosforescente á media ladera, por decirlo así, entre los altos y bajos de la ondulante línea? Pues ya teneis que agregar á la masa inmensa de séres vulga-

res, prosáicos, y adocenados, otra unidad más, tan insípida como la suma entera. Y como la molécula sigue su camino arrastrada por fuerzas materiales, y su movimiento está escrito en ecuaciones y en fórmulas inflexibles, y como sube, y baja, y modifica su velocidad segun leyes inalterables, las ascensiones á la luz, las caidas en el abismo, la vida vulgar y comun, serán hechos, fenómenos y actos que se reproducirán invariablemente, sin que nadie, ni nada, pueda evitar que lo que ha de ser, sea, ni que la ley suprema de la necesidad se realice y se cumpla.

Y sin embargo, el que así discurriese, al menos en esta hipótesis que examinamos, grandemente se equivocaría. El determinismo deja de serlo en ciertos casos para este nuestro ejemplo, y hace falta en esos casos *algo mas* que la curva, que la masa, que la fuerza, que el punto de partida y que la velocidad inicial; en suma *algo mas* que la mecánica para determinar todas las condiciones del movimiento.

Estudiemos, pues, este caso ideal, pero importantísimo, como símbolo del problema, y como demostracion de que las integrales singulares son posibles en ciertas condiciones.

El punto móvil *m* parte de su posicion inicial con velocidad determinada, sube por la curva perdiendo impulso á medida que asciende, alcanza el punto mas alto si la velocidad de partida es suficiente, pasa á la rama de descenso, va acelerando su marcha, llega al punto mas bajo con su máxima velocidad, sube por la nueva rama, y de esta suerte continúa su camino oscilando su velocidad entre el mínimo que corresponde al punto mas elevado y el máximo que corresponde al fondo de la curva, sin que en todo ello encontremos otra cosa que puro mecanismo, leyes dinámicas, determinismo absoluto.

Pero supongamos, y este caso es posible, y su posibilidad se demuestra por el cálculo sin género alguno de duda, que la velocidad de partida ha sido tal, *que la masa móvil llega al punto mas elevado de la sinusoide con una velocidad nula*, es decir que llegar á la cúspide y ser nula su velocidad, son dos cosas que coinciden. En esta hipótesis ¿qué sucederá?

Sucederá que la masa móvil no podrá pasar de dicho punto, porque es nulo su impulso; que no podrá caer ni por

una ni por otra rama porque la tangente es horizontal, la fuerza vertical, la posicion por lo tanto de equilibrio, toda vez que la resistencia de la curva destruye en absoluto la pesantez de la masa; y que indefinidamente en el tiempo, continuaria ese equilibrio instable, si una nueva causa, una cierta accion directriz, algo que no necesita ser fuerza medible, no decidiese las cosas, haciendo avanzar ó retroceder al móvil sobre su constante trayectoria.

Este punto mas alto de la curva es *posicion de equilibrio*, es origen de dos caminos distintos, uno á un lado, á otro lado otro; es, por consiguiente, verdadera bifurcacion, y á partir de ella ambos caminos son igualmente posibles, porque en iguales condiciones se encuentran; y en suma, las condiciones físicas son insuficientes para decidir una de estas tres cosas: continuar el móvil indefinidamente en equilibrio instable, caer hácia la derecha, ó caer hácia la izquierda. Sin embargo, observemos que si nada nuevo sucede, la realidad será una sola: la prolongacion, sin límite en el tiempo, del punto móvil en lo alto de la curva. Sobre este aspecto de la cuestion, mas adelante volveremos; por ahora lo que importa consignar es, *que una fuerza física menor que cualquier cantidad dada por pequeña que sea*, lo cual en lenguaje matemático equivale á decir *una fuerza nula*, es suficiente para hacer que el punto caiga por una ú otra rama de la trayectoria. *Este algo*, que ha de agregarse al sistema para que el movimiento continue y no se estanque para siempre; *este algo*, repetimos, que no necesita ser fuerza medible en kilógramos para producir su efecto, porque, por pequeña que la supusiéramos aún podría ser menor y *ser tan eficaz* como ántes; *este algo*, en fin, que viene á resolver la indeterminacion natural y mecánica del determinismo, y que no altera la energía del sistema, es precisamente lo que Mr. Boussinesq llama *accion directriz* del espíritu: nuevo órden de causas que completa las medidas, espresadas en kilógramos y caballos de vapor.

Ya comprendemos que, aun en este caso sencillísimo, el problema presenta ciertas oscuridades, y asaltan el ánimo ciertas dudas; pero estos son por decirlo así cabos sueltos, que mas adelante iremos en lo posible recojiendo y sujetando. Por

ahora estudiemos el ejemplo elejido, y estudiémoslo en términos generales, y sin descender á pormenores que oscurecerian su luz y confundirian sus rasgos característicos. Dividir al enemigo para vencerlo es máxima de toda estrategia: dividir la dificultad para resolverla en detalle, es doctrina proclamada por Descartes y aconsejada por el buen sentido.

XIV.

Resulta de todo lo dicho, que en el caso que examinamos, ni basta fijar la trayectoria del móvil, ni la velocidad inicial, ni la fuerza, para determinar el movimiento en ciertas circunstancias al ménos; y que cuando ellas se verifican, el átomo queda por decirlo así en suspenso, en equilibrio entre dos caminos opuestos, y pendiente de una accion directriz distinta de la accion mecánica de las fuerzas que obran en el sistema. Todo esto, en el caso de que la trayectoria sea una sinusoide, seccion ó perfil de una série de ondulaciones á manera de sucesivas olas ó montañas paralelas; pero supongamos ahora, generalizando aquella primera hipótesis, que todo el plano horizontal, base del sistema, está cubierto por una série de montecillos redondos ó picachos de redondeada cúspide, En este caso, al llegar el móvil á una de las mesetas superiores, y quedar en ella en equilibrio por llegar á ella con velocidad nula, no dos caminos, sino infinitos caminos se distribuirán á su alrededor por los flancos ó vertientes del montecillo; no por una sino por infinitas curvas podrá caer el móvil, y el vértice de la eminencia será no un punto de bifurcacion, sino un *punto múltiple* de infinitas trayectorias posibles: punto de equilibrio instable y de reposo indefinido.

Y pues las fuerzas mecánicas son insuficientes para determinar el movimiento del átomo á partir del punto crítico en que se halla, claro es que se hace necesaria, para determinar la indeterminacion del mundo físico, una accion directriz, sea esta la del espíritu, si se acepta como buena la escuela espiritualista; sea la fuerza vital, si el vitalismo nos atrae; sean nuevas y ocultas potencias de la materia, si al materialismo nos inclinamos; alguna causa, en suma, necesaria en todos

los casos, y en todas las escuelas, que de discutirlas y escojer entre ellas no tratamos ahora, y *distinta* por de contado de fuerzas medibles en kilógramos, y capaces de desarrollar trabajos ó energías mecánicas.

Colocado el móvil en lo alto ó meseta de una de las eminencias de la superficie sobre la cual oscila, la accion directriz podrá hacerle caer por cualquiera de las curvas que de dicho punto parten á su alrededor, podrá escojer una entre todas ellas, y este punto de partida comun á todos los caminos que desde él descienden, contituye *la solucion singular* de que tantas veces hemos hecho mencion. Lo que en el caso general es la curva tangente á todas las integrales particulares, el rio central, la línea *S*, segun la hemos llamado, se reduce en este caso particular á *un solo punto*. *Cada curva de descenso* expresa y simboliza la ley mecánica del movimiento para diversas condiciones iniciales, la fatalidad del mundo físico, el determinismo en suma: *el punto de interseccion* y *concurso*, que es á la vez de derivacion de todas ellas, representa por el contrario la indeterminacion, el libre albedrío, aquel lugar en que el espíritu ó la fuerza supra-sensible decide, resuelve y escoje.

Al rio central venian los afluentes *A*, *A'*, *A''*...; del rio central ó línea comun *S*, partian las derivaciones *D*, *D'*, *D''*; pues del mismo modo en este caso, *al punto superior* vienen y de él arrancan todas las líneas posibles de movimiento. En cada una está escrito un porvenir diverso con distinta característica moral. *Una* de ellas, por ejemplo, desciende de la meseta, pasa por el fondo de la superficie ondulada y sube á nuevos puntos de equilibrio que dominan nuevas direcciones, nuevas alturas espirituales, por decirlo así: y esto una, y otra, y otra vez, brindando de contínuo á la voluntad para que su accion se ejercite y quede el fatalismo inorgánico reducido á su menor expresion, y mas y mas se estienda el elemento libre del sér humano. *Otra* de las curvas, por el contrario, caerá y caerá sin cesar, y solo al cabo de prolongado trayecto por regiones de dilatadas planicies desprovistas de eminencias, podrá volver á elevarse á un punto de equilibrio: única ocasion quizá que la curva elegida ofrece á la espontaneidad

del espíritu, ántes de caer de nuevo en mayores abismos, para buscar campo más fecundo de libertad, y para salir del imperio del fatalismo y de las leyes mecánicas. *Algunas*, quizá desciendan sin término ni esperanza, al menos mientras aquel sér viva con vida humana, y le entreguen á la mas implacable fatalidad y al mas embrutecedor materialismo: él lo quiso al precipitar el móvil por vertientes que iban á caer en profundas simas y al hacerle tomar caminos de perdicion.

El bien y el mal; las sombras y la luz; todos los accidentes de la caida, todo el proceso de la ascension: y así, la costumbre de entregarse á las fuerzas brutales de la materia, la dificultad cada vez mayor cuando esto sucede de redimirse en esta vida terrestre, el desamparo de la voluntad entregada de contínuo al determinismo: ó por el contrario, la voluntad vigorizada, la subida constante, la materia sujeta por el domador, el fatalismo vencido, Promoteo en lo alto de su roca rompiendo sus eternas cadenas: todo tiene su representacion, su símbolo, su maravilloso esquema en la teoría de Mr. Boussinesq.

Jamás armonía más perfecta entre el sentido moral de la escuela espiritualista y el rigor geométrico del determinismo, ha podido encontrarse en ninguna de las teorías anteriores á esta que nos ocupa. La Física, la Mecánica, las Matemáticas proclamaban, establecian y demostraban el determinismo: la conciencia, la sociedad, las religiones todas afirmaban el libre-albedrío y la responsabilidad: los términos eran contradictorios é irreconciliables al parecer. Sin embargo, la teoría del ilustre geómetra concilia lo inconciliable, armoniza lo contradictorio y doma esa eterna antinomia entre las manifestaciones espirituales y las leyes de la mecánica.

Si la teoría es exacta, admirable victoria: ¿pero lo es?

Aquí debiera terminar la parte expositiva y comenzar la parte crítica; pero séanos permitido antes de juzgar en su conjunto el pensamiento de Mr. Boussinesq, desarrollar algunas de sus consecuencias mas importantes.

Tal será el objeto del próximo artículo.

José Echegaray.

CIENCIAS FÍSICAS.

ANALISIS CUANTITATIVA DE ALGUNAS LIGAS METALICAS.

(Continuacion.)

Cien partes de Sb^2S^3 contienen 83,68 de metal. O bien se recoje el sulfuro de antimonio en un filtro cualquiera, se seca y se incinera separándole del precipitado. Este y las cenizas del filtro se colocan en una cápsula de porcelana tarada y se calcinan, añadiendo primero 3 centímetros de ácido nítrico de 36° y luego 5 ó 6 de ácido nítrico fumante. Evaporando á sequedad y calcinando de nuevo, resulta una masa blanca de antimoniato antimónico, que en 100 partes contiene 88,44 de antimonio. La disolucion del estaño, en ácido oxálico, se trata con amoniaco hasta reacion alcalina, y con sulfhidrato amónico en cantidad suficiente para redisolver el sulfuro estánnico que al principio se precipita. En esta disolucion, se echa ácido acético hasta reaccion ácida, y dejándola algunas horas en una habitacion templada, se precipita el sulfuro estánnico, que se recoge en un filtro, se lava y se calcina, para convertirle en ácido estánnico, en una cápsula de porcelana tarada. Del peso de este ácido, se deduce la cantidad de estaño: 100 partes contienen 78,66 de metal.

Los sulfuros de cobre, de plomo, de hierro y de zinc, que se recogieron en un filtro, al separar la disolucion de los sulfuros de estaño y de antimonio en sulfuro sódico, se disuelven en 15 gramos de ácido nítrico á 36° y se evapora á

sequedad, terminando á fuego lento para no descomponer el sulfato férrico. Se trata con agua el resíduo y se recoge, en un filtro, el sulfato plúmbico, de cuyo peso se deduce la cantidad de plomo. La disolucion se diluye, con agua, hasta completar el volúmen de 200 centímetros cúbicos, y se agregan 20 de ácido nítrico normal. Se somete esta disolucion á la electrólisis durante 48 horas, y en el líquido que resta se separa, primero el hierro neutralizando con carbonato sódico y precipitándole con carbonato barítico, y despues el zinc con carbonato sódico, segun se explica en el ejemplo núm. 1.

Número 5.

Análisis de los cobres afinados.

Los cobres que se venden con los nombres de cobre refinado, roseta, en lingotes, etc., y que se consideran como purificados, contienen desde 99,60 á 96,50 por 100 de cobre puro, segun resulta de los ejemplos de ensayos por electrólisis, que preceden. Entre las impurezas de los cobres se cuentan óxido cuproso, plomo, que suele añadirse intencionalmente, antimonio, arsénico, hierro, azufre y el talio. Acerca de este último metal, en los cobres españoles, un autor inglés se expresa en estos términos (1). «El talio mezclado con el cobre, aun en corta proporcion, disminuye su maleabilidad y su ductilidad. El cobre que se prepara en España por cementacion contiene cantidades considerables de talio. Una muestra de este cobre, de que soy deudor al Dr. Matthiessen, y cuya conductibilidad eléctrica no pasa de 15 (la del cobre puro se supone igual á 100) contenia una gran cantidad de talio; es probable,» añade, «que la malísima calidad de los cobres de cementacion deba atribuirse á esta impureza.» Por nuestra parte, podemos decir, que la poca conductibilidad del cobre de cementacion parece ser la causa de la duracion y superioridad de los forros de barcos que con él se fabrican y que los cobres de esta clase, que dan por electrólisis

(1) W. Crookes. Selected methods in chemical analysis. London, 1871.

de 96,60 á 98 por 100 de cobre, contienen una cantidad notable de antimonio. En el líquido que queda, despues de precipitado el cobre por la corriente galvánica, el hidrógeno sulfurado precipita el sulfuro de antimonio con su color característico.—*Cobre*. Se determina la cantidad total de cobre por electrólisis, como queda explicado en los ejemplos números 1 y 2, disolviendo 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico normal y 2 de ácido sulfúrico tambien normal.—*Oxido cuproso*. Se toma, siguiendo los preceptos de M. C. Aubel, medio gramo del cobre, reducido á limaduras ó recortes muy delgados, y se colocan en un vaso de precipitados, en el que se echan además $1^{gr},300$ de cristales de nitrato argéntico y 10 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico diluido, dejando en reposo esta mezcla durante dos horas. El óxido cuproso se disuelve en el ácido sulfúrico y el cobre metálico tambien, pero este precipitando una cantidad proporcional de plata, que se recoje en un filtro, se lava, se seca y se pesa; como 108 de plata representan 31,700 de cobre metálico, es fácil por una proporcion calcular la cantidad de cobre correspondiente á la plata precipitada. Conocida, por el primer ensayo, la cantidad total de cobre, se resta de ella la calculada por medio de la plata, y la diferencia representará la cantidad de cobre correspondiente al óxido cuproso: 31,700 de cobre corresponden á 35,700 de óxido cuproso.—*Plomo*, *Antimonio*, *Arsénico*, *Hierro* y *Zinc*. Se disuelven 2 gramos del cobre en 24 centímetros cúbicos de agua, 24 de ácido nítrico normal, 2 de ácido sulfúrico, tambien normal, y se evapora casi á sequedad. Se disuelve la masa en 100 centímetros cúbicos de agua, se calienta de nuevo un poco y se recoge el sulfato de plomo en un filtro; este precipitado, lavado, seco y calcinado, con las cenizas del filtro, en un crisol de porcelana tarado, se pesa para deducir la cantidad de plomo: 100 de sulfato representan 68,31 de plomo. Por el líquido, caliente, se hace pasar una corriente de hidrógeno sulfurado, que precipita los sulfuros de cobre, de arsénico y de antimonio, que despues de un reposo de 12 horas se recojen en un filtro y se lavan. La disolucion filtrada se calienta, y, cuando cese el olor á hidrógeno sulfurado, se echan en ella

unos cristalitos de clorato potásico y se pone á hervir durante 3 minutos, para trasformar el óxido ferroso en férrico. El hierro y el zinc, contenidos en esta disolucion, se separan con carbonato barítico, como se explica en el ejemplo núm. 1.

Los sulfuros de cobre, antimonio y arsénico, recogidos en el filtro, se tratan con una corta cantidad de potasa en disolucion y 100 centímetros cúbicos de monosulfuro potásico, se filtra, y en la disolucion pasan los sulfuros de arsénico y de antimonio, quedando en el filtro el sulfuro de cobre insoluble. La disolucion de los sulfuros en sulfuro potásico, se trata con otra de ácido sulfuroso en agua (400 centímetros cúbicos), y se pone á hervir hasta que se consuman dos tercios del líquido, y cese el olor á ácido sulfuroso. El sulfuro de arsénico se disuelve en el bisulfito potásico, que resulta de la accion entre el ácido sulfuroso y la potasa, y el sulfuro de antimonio, insoluble, se recoje en un filtro, se lava, se seca y se coloca, con las cenizas del filtro, en un crisol de porcelana tarado. Se le humedece primero con unas gotas de ácido nítrico diluido, y luego, con precaucion, se añaden hasta 4 ó 6 centímetros cúbicos de ácido nítrico fumante ó más si quedára azufre por oxidar. Se calienta y se vuelve á calcinar, con lo que se logra convertir todo el azufre en ácido sulfúrico, que se volatiliza, y al antimonio en antimoniato antimónico (Sb^2O^3,Sb^2O^5), de cuyo peso se deduce el del metal, recordando que 100 de antimoniato antimónico contienen 88,40 por 100 de antimonio.

El arsénico se encuentra disuelto, en estado de ácido arsenioso, en bisulfito potásico, y se precipita de esta disolucion con hidrógeno sulfurado; se recoje este sulfuro en un filtro, se lava y se disuelve, en caliente, en agua régia, para trasformarle en ácido arsénico, que á su vez se precipita con amoniaco y sulfato magnésico mezclado con cloruro amónico en cantidad suficiente para que la mezcla no dé precipitado con amoniaco. Se deja reposar el precipitado 12 horas, y se recoje en un filtro seco y tarado; despues de lavado con agua amoniacal se le seca á 100°, y el aumento de peso del filtro representa la cantidad de arseniato magnésico amónico de la fórmula $2MgO,NH^4,AsO^5+HO$, que contiene 69 por 100 de ácido arsénico ó 45 por 100 de metal.

Talio. Se disuelven 5 gramos de cobre en 60 de agua, 60 de ácido cloro-hídrico concentrado, y se van añadiendo poco á poco hasta 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico de á 36°, y se pone todo á hervir durante 20 minutos. La disolucion se mezcla con otra de ácido sulfuroso, y despues con yoduro potásico, para precipitar los yoduros cuproso y talioso. El precipitado, de color blanquecino, se recoje y se lava en un filtro, y luego se trata con amoniaco para disolver la sal de cobre que, en contacto con el aire, se trasforma en yoduro cúprico, dando un hermoso color azul á la disolucion. El yoduro amarillo de talio se recoje en un filtro, seco á 120° y tarado, se le lava con alcohol diluido, y se seca á los mismos 120°. El aumento de peso representa la cantidad de yoduro talioso, *TlY* que contiene 61,63 por 100 de talio. Este método, debido á Crookes, no es muy exacto para determinar una corta cantidad de talio en los cobres, porque el yoduro amarillo de talio es tambien algo soluble en amoniaco.

Número 6.

Soldadura de plomeros y otras ligas compuestas de plomo y estaño.

El mejor procedimiento (1) para analizar estas ligas, es el siguiente:

Se funde 1 gramo de la aleacion con 3 de carbonato potásico ó sódico seco, y 3 de azufre en flor, en un crisol de porcelana de capacidad suficiente para que no rebose la masa al tiempo de fundirse. El crisol, despues de enfriado, se echa en una cápsula con agua y se calienta para disolver el sulfuro de estaño en el sulfuro potásico, formado durante la fusion, y en un filtro se recoje y se lava el sulfuro de plomo. En la disolucion se precipita el sulfuro de estaño con ácido cloro-hídrico diluido, se filtra, se lava y se seca. Despues se le calcina al aire, con las cenizas del filtro, en un crisol de porcelana tarado, para convertirle en ácido estánnico, y al final de la ope-

(1) Wohler, Traité pratique d'analyse chimique. París, 1865.

racion se echa en el crisol un pedazo de carbonato amónico para facilitar el desprendimiento del ácido sulfúrico. Del peso del ácido estánnico se deduce el de estaño contenido en la liga: 100 de ácido estánnico, SnO^2, contienen 78,66 de estaño.

El sulfuro de plomo se coloca en una cápsula de porcelana tarada, el filtro se quema por separado, y las cenizas se mezclan con el sulfuro. En la cápsula se echan, primero, 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, luego 4 de ácido nítrico fumante, y por último se evapora á sequedad, se calcina y se pesa. Del peso del sulfato plúmbico se deduce la cantidad de plomo contenida en la liga: 100 de sulfato de plomo contienen 68,31 de plomo.

Si, además de plomo y estaño, contuviera la liga cobre ó zinc, ó estos dos metales en mayor ó menor proporcion, antes de pesar el sulfato de plomo calcinado, se le trata con agua caliente y se filtra. En la disolucion se hallarán los sulfatos de cobre y de zinc, y en el filtro el sulfato de plomo, que se lava, se seca y calcina con las cenizas del filtro, en un crisol de porcelana tarado, para deducir de su peso la cantidad de plomo. La disolucion se somete á la electrólisis, completando el volumen de 200 centímetros cúbicos, y añadiendo 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, para determinar el cobre, y el líquido que resulta, se trata con amoniaco hasta reaccion alcalina, y unas gotas de sulfhidrato amónico. Se recoje el precipitado de sulfuro zíncico en un filtro, y despues de lavado, húmedo aún, se le disuelve en ácido cloro-hídrico diluido, calentando hasta que cese el olor á hidrógeno sulfurado. Se filtra esta disolucion y se va echando poco á poco en otra hirviendo de carbonato sódico, en la que el zinc se precipita en estado de carbonato. Se filtra, se lava, se seca y se calcina este carbonato y se pesa el óxido, para deducir la cantidad de metal. (V. ejemplo núm. 1.)

Si la liga contuviera antimonio, se trasformaria este metal, como los demás, en sulfuro, al fundir la aleacion con azufre y carbonato sódico, y se encontraria disuelto con el estaño en el sulfuro alcalino. Al tratar esta disolucion con ácido cloro-hídrico diluido, se precipitarán juntos los dos sulfuros de estaño

y de antimonio y se separarán por medio del ácido oxálico como se esplica en el ejemplo núm. 4.

Para descubrir en el estaño una corta cantidad de plomo; se trata 1 gramo con 12 centímetros cúbicos de agua y otros 12 de ácido nítrico normal, calentando con una lámpara de espíritu de vino hasta que hierva algunos minutos. Se filtra, y en el líquido claro se echa un cristal de yoduro potásico. Si el estaño contiene plomo, aunque sea en corta cantidad, se forma un precipitado de yoduro plúmbico, de color amarillo.

Número 7.

Aleacion de estaño y de antimonio.

Se reduce la liga á polvo ó á láminas delgadas. Se disuelve un gramo, en una cápsula de porcelana, con 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de ácido nítrico normal, se evapora á sequedad, y se calcina ligeramente el resíduo. En la cápsula se echan 5 centímetros cúbicos de una disolucion concentrada de hidrato sódico, para despegar los ácidos de estaño y de antimonio y trasvasarlos á un crisol de plata en el que se ponen además 8 gramos de hidrato sódico. Se evapora, primero á sequedad, y luego se funde la mezcla al calor de la lámpara de espíritu de vino de doble corriente. Despues de enfriado el crisol, se lava la masa fundida con un poco de agua caliente para trasladarla á un vaso de precipitados. El crisol se lava con agua fria repetidas veces, pero en dosis pequeñas, y estas aguas de lavado se echan tambien en el vaso de precipitados. Por último, se lava el crisol con un volúmen de alcohol que represente la tercera parte del que ocupan la masa fundida y el agua en el vaso de precipitados, y con un agitador se mezclan perfectamente, el agua, el alcohol y la masa fundida, para facilitar la disolucion del estannato sódico y la precipitacion del antimoniato de la misma base, dejando todo en reposo por espacio de 24 horas.

Pasado este tiempo, se filtra el líquido claro, se echa despues el precipitado de antimoniato sódico en el filtro y se lava,

primero con una mezcla de 2 volúmenes de agua y 1 de alcohol, luego con otra de volúmenes iguales, y por último con otra de 3 de alcohol y 1 de agua, añadiendo á cada una de estas tres mezclas unas gotas de carbonato sódico. Se seca el precipitado en una estufa de aire caliente, se le separa del filtro, quemando este aparte, y precipitado y cenizas se funden en un crisol de porcelana, con 4 gramos de cianuro potásico, al calor de la lámpara de doble corriente. El antimonio reunido, en boton metálico, en el fondo del crisol, se separa con agua y un agitador, y se pesa despues de seco.

El líquido que contiene el estannato sódico se evapora hasta que se desprenda todo el alcohol que contiene; se acidifica despues con ácido cloro-hídrico diluido, y se precipita el estaño con hidrógeno sulfurado. Se recoge en un filtro el sulfuro estánnico, y despues de lavado y seco se quema el filtro por separado, y las cenizas y el precipitado se calcinan en un crisol de porcelana tarado, para trasformarlos, añadiendo unas gotas de ácido nítrico concentrado y evaporando á sequedad, en ácido estánnico. Del peso de este ácido se deduce la cantidad de estaño,

Tambien puede determinarse directamente la cantidad de antimonio, y por diferencia la de estaño, disolviendo en la menor cantidad posible de agua régia, 1 gramo de la liga, y precipitando en caliente el antimonio con una barrita de estaño. El antimonio se recoge en un filtro.

Número 8.

Aleacion de arsénico y de antimonio.

Se separan por el procedimiento descrito en el número anterior. La disolucion de arseniato sódico separada del antimoniato sódico insoluble, recogido en un filtro, se evapora hasta que cese el olor á alcohol. Entonces se la acidifica un poco con ácido cloro-hídrico, y se la trata con amoniaco y una mezcla de sulfato magnésico y cloruro amónico, como se ha explicado en el núm. 5.

Tambien puede seguirse otro procedimiento, fundado en la

propiedad que tiene el sulfuro de arsénico, recien precipitado, de disolverse en una disolucion de bisulfito potásico.

Se disuelve 1 gramo de la liga en 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de agua régia, se diluye con 100 centímetros cúbicos de agua, sin cuidarse del precipitado que pueda formarse. Se añade potasa, hasta que el líquido resulte alcalino; y, por fin, 40 centímetros cúbicos de monosulfuro potásico, ó más si fuere necesario, para redisolver, á un calor suave, los sulfuros de arsénico y de antimonio que al principio se precipitan. Si quedara algun resíduo de sulfuros de otros metales, como plomo, cobre y hierro, se recogen en un filtro, y se disuelven despues en ácido nítrico para separarlos como se explica en el ejemplo núm. 1. En la disolucion de los sulfuros de arsénico y de antimonio, en sulfuro potásico, se echan hasta 400 centímetros cúbicos de otra de ácido sulfuroso en agua, y se pone todo á hervir hasta que el volúmen del líquido se reduzca á un tercio y cese el olor á ácido sulfuroso. Este ácido precipita primero los dos sulfuros, formando bisulfito potásico, en el cual queda disuelto el sulfuro de arsénico. El de antimonio, insoluble, se recoge en un filtro seco y tarado, ó bien en un filtro cualquiera; y despues de lavado y seco, se separa del papel, que se quema aparte, y se le calcina en un crisol de porcelana tarado con las cenizas del filtro y ácido nítrico fumante, evaporando á sequedad, con lo cual se convierte el sulfuro en antimoniato antimónico, de cuyo peso se deduce la cantidad de antimonio: 100 partes de ese compuesto contienen 88,40 de metal. Tambien puede fundirse el sulfuro con 4 gramos de cianuro potásico para obtenerle en estado metálico.

En la disolucion del arsénico en bisulfito potásico, colocada en una cápsula de porcelana, y calentada, sin que llegue á hervir, se precipita el arsénico con hidrógeno sulfurado. Se dejan algunas horas el líquido y el precipitado en una habitacion templada, y se recoge y lava, en un filtro, el sulfuro de arsénico. Despues se le disuelve, humedo aún, en ácido cloro-hídrico, al que se agregan unos cristalitos de clorato potásico, y se pone todo á hervir para trasformar el sulfuro en ácido arsénico. Se filtra, y en la disolucion se precipita el

último, en estado de arseniato magnésico amónico, con amoniaco y la mezcla de sulfato magnésico y cloruro amónico. (*Véase ejemplo núm.* 5.)

El antimonio crudo *(sulfuro)* y el régulo de antimonio *(antimonio metálico)* se analizan por este procedimiento. Se coloca 1 gramo bien pulverizado, de cualquiera de estos cuerpos, con medio gramo de azufre y 300 centímetros cúbicos de monosulfuro potásico ó sódico, en una cápsula de porcelana, y se pone á calentar. Por lo general queda un residuo negro de sulfuros de cobre, de plomo y de hierro, que se recogen en un filtro, y se analizan disolviéndolos en una mezcla de ácido nítrico (10 centímetros cúbicos) y de ácido sulfúrico (1 centímetro). Se evapora casi á sequedad, se redisuelve en agua, se recoge en un filtro el sulfato plúmbico, y se pesa; se completa el volúmen de 200 centímetros cúbicos de la disolucion, se agregan 20 de ácido nítrico normal, y se determina el cobre por electrólisis. En el líquido que resulta se precipita el óxido férrico con amoniaco. Los sulfuros de antimonio y de arsénico disueltos en el sulfuro alcalino se separan, como queda explicado, haciendo hervir la disolucion con ácido sulfuroso.

Número 9.

Aleacion de estaño y de arsénico.

Se separan por el último procedimiento explicado en el número anterior, fundado en la propiedad que tiene el sulfuro de arsénico de disolverse en bisulfito potásico, en el que el sulfuro de estaño es insoluble como el sulfuro de antimonio. Se procede exactamente, para la disolucion y separacion, como en el ejemplo núm. 8. El sulfuro de estaño se lava con cloruro sódico, y estas aguas se recogen con la disolucion del arsénico en bisulfito potásico. Pero despues se lava, para terminar, con otra disolucion de acetato amónico ácida, y estas aguas ya no se mezclan con las anteriores. El sulfuro estánnico, despues de seco, se calcina al aire para

convertirle en ácido estánnico, de cuyo peso se deduce, como en los ejemplos números 1 y 3, la cantidad de estaño. El arsénico se precipita, con hidrógeno sulfurado, de su disolucion en el bisulfito, y el sulfuro se trasforma en ácido arsénico, disolviéndole en ácido cloro-hídrico con unos cristalitos de clorato potásico, y se pesa en estado de arseniato magnésico-amónico. *(Véase ejemplo núm.* 5.)

Otro método de separar el estaño y el arsénico se funda en la propiedad que tiene el sulfuro de estaño de disolverse en una disolucion concentrada é hirviendo de ácido oxálico, con desprendimiento de hidrógeno sulfurado, en cuyo ácido es insoluble el sulfuro de arsénico. Se procede de este modo.

Se disuelve 1 gramo de la liga de estaño y de arsénico en la menor cantidad posible de agua régia, y se añade á la disolucion otra caliente de 20 gramos de ácido oxálico en agua, tan concentrada que cristalice por enfriamiento. Por el líquido se hace pasar una corriente de hidrógeno sulfurado durante 20 minutos. Al principio no se advierte el precipitado; pero así que se satura de gas la disolucion, el sulfuro de arsénico empieza á depositarse, y la precipitacion se completa en pocos minutos. Se recoge este precipitado en un filtro, y despues de lavado, se le disuelve en ácido cloro-hídrico y unos cristalitos de clorato potásico, y se precipita el ácido arsénico en estado de arseniato magnésico-amónico con amoniaco y la mezcla de sulfato magnésico y cloruro amónico, *(Véase ejemplo núm.* 5.) La disolucion del estaño en ácido oxálico se satura y pone ligeramente alcalina con amoniaco: se añade despues sulfuro amónico, poco á poco, en cantidad suficiente para precipitar y volver á disolver el sulfuro de estaño. A esta disolucion se añade ácido acético hasta ponerla ligeramente ácida, y el sulfuro de estaño, que se precipita, se recoge en un filtro, se le lava con acetato amónico, y despues de seco se calcina para convertirle en ácido estánnico, de cuyo peso se deduce el de estaño contenido en la liga.

Número 10.

Aleacion de estaño, antimonio y arsénico.

Se sigue el procedimiento descrito en el núm. 7. El antimoniato sódico se recoge en un filtro, reduciéndole á metal con cianuro potásico, y la disolucion contiene estannato y arseniato sódicos. Se acidifica un poco esta disolucion con ácido cloro-hídrico, se la mezcla con otra concentrada y caliente de 20 gramos de ácido oxálico disuelto en la menor cantidad, posible, de agua, se pone todo á hervir y se hace pasar una corriente de hidrógeno sulfurado, que precipita todo el arsénico en estado de sulfuro. Se filtra, y el precipitado de sulfuro de arsénico y la disolucion del estaño en ácido oxálico, se tratan como queda explicado en el ejemplo anterior. (*Núm.* 9.)

Tambien puede disolverse la liga en la menor cantidad posible de agua régia, saturar con potasa ó sosa, dejando el líquido algo alcalino, y añadir sulfuro potásico ó sódico en cantidad suficiente para precipitar y redisolver los sulfuros de los tres metales. A este líquido se le añaden 400 centímetros cúbicos de una disolucion saturada de ácido sulfuroso en agua, y se pone todo á hervir, hasta que se consuman dos tercios del volúmen total y cese el olor á ácido sulfuroso. Los dos sulfuros de antimonio y de estaño se recogen en un filtro, y despues de lavados se trasladan á una cápsula, en la qne se echa la disolucion de 20 gramos de ácido oxálico; se pone á hervir, y cuando esté tan concentrada que cristalice por enfriamiento, se hace pasar durante 20 minutos la corriente de hidrógeno sulfurado. Se recoge el sulfuro de antimonio en un filtro seco y tarado, y en la disolucion pasa el estaño. Esta disolucion se trata con amoniaco y con sulfhidrato amónico hasta precipitar y volver á disolver el sulfuro de estaño. El líquido que resulta se acidifica despues con ácido acético para precipitar el sulfuro de estaño, que se convierte en ácido estánnico, como se ha explicado en el ejemplo anterior.

La disolucion del ácido arsenioso en el líquido que se puso á hervir con ácido sulfuroso, se trata en caliente con hidrógeno sulfurado. El sulfuro de arsénico se recoge en un filtro, se le trasforma en ácido arsénico y se pesa en estado de arseniato magnésico amónico. (*Véase ejemplo núm.* 5.)

Número 11.

Aleacion de plomo y antimonio (caractéres de imprenta).

Se disuelve 1 gramo de la aleacion, bien pulverizada, en 12 centímetros cúbicos de agua, 12 de ácido nítrico normal y la cantidad de ácido tártrico, disuelto en agua, necesaria para impedir que el líquido se enturbie. Disuelta la liga, se trata con amoniaco, para saturar los ácidos y para que resulte la disolucion un poco alcalina, y unos 400 centímetros cúbicos de sulfhidrato amónico. Se tapa el vaso que contiene el precipitado de sulfuro plúmbico y la disolucion del sulfuro de antimonio en sulfhidrato amónico, y se deja en reposo, hasta que el primero adquiera un color completamente negro. Entonces se diluye en agua, se recoge en un filtro el sulfuro de plomo, que se lava, primero con agua que contenga unas gotas de sulfhidrato amónico, y despues con agua pura. El filtro se quema por separado, y las cenizas y el precipitado se colocan en una cápsula, tarada, de porcelana. Encima se echan unas gotas de ácido nítrico diluido para humedecer la masa, 1 centímetro cúbico de ácido sulfúrico, y luego ácido nítrico fumante para trasformar el sulfuro en sulfato. Se evapora á sequedad, se calcina y se pesa, para deducir del peso del sulfato la cantidad de plomo: 100 partes de sulfato contienen 68,31 de metal.

La disolucion del sulfuro de antimonio en sulfhidrato amónico se descompone con ácido sulfúrico diluido, que precipita el sulfuro de antimonio. Se trata este sulfuro, despues de seco y de quemado el filtro, con unas gotas de ácido nítrico diluido para humedecer la masa, y luego con ácido nítrico fumante, para convertirle, evaporando á seque-

dad y calcinando, en antimoniato antimónico: 100 partes de este compuesto contienen 88,40 de antimonio. Si la liga, como es frecuente, contuviera cobre, se emplea la potasa y el mono-sulfuro potásico para disolver el sulfuro de antimonio. El plomo y el cobre se separan convirtiéndolos en sulfatos, como se ha esplicado; evaporando á sequedad, recogiendo el sulfato de plomo en un filtro, y precipitando en la disolucion el cobre por electrólisis.

Número 12.

Aleacion de bismuto y plomo.

Se disuelve 1 gramo de la liga, reducida á limaduras, hojas ó pedazos muy pequeños, en 12 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal; despues se añaden otros 12 de ácido clorohídrico concentrado, y de 700 á 800 centímetros cúbicos de agua. Todo el bismuto se precipita en estado de oxi-cloruro bismútico de la fórmula $2Bi^2O^3, Bi^2Cl^3$, que se recoje en un filtro. Puede pesarse en este estado y deducir de su peso la cantidad de bismuto, teniendo presente que 100 partes contienen 90,61 de metal; ó fundirle, despues de seco, con 4 gramos de cianuro potásico en un crisol de porcelana, al calor de la lámpara de espíritu de vino, de doble corriente, y obtenerle en estado metálico. El plomo se aprecia por diferencia. Si se desea pesar los dos metales, se trata la disolucion nítrica, concentrada, con ácido cloro-hídrico concentrado tambien, en cantidad suficiente no solo para precipitar todo el plomo, sino para impedir que el líquido se enturbie al añadir unas gotas de agua. Se añaden entonces 4 centímetros de ácido sulfúrico normal, mezclando con un agitador el precipitado y el líquido, y al cabo de un rato se agregan 12 centímetros de alcohol, y de nuevo se mezcla este reactivo con el sulfato de plomo y la disolucion. El sulfato de plomo se recoje en un filtro, y se lava primero con alcohol mezclado con un poco de ácido cloro-hídrico y luego con alcohol puro; se seca, se calcina y se pesa, como se ha

explicado en varios de los ejemplos precedentes. En la disolucion filtrada, se echan 700 á 800 centímetros cúbicos de agua, y el precipitado de oxi-cloruro bismútico se recoge en un filtro, se lava y se seca, fundiéndole por último, como queda dicho, con 4 gramos de cianuro potásico.

Número 13.

Aleacion de bismuto, plomo y estaño.

Se disuelve, como en el ejemplo anterior, 1 gramo de la liga en limaduras, hojas ó pedazos pequeños, en 12 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal. Se trata esta disolucion con amoniaco hasta que resulte un poco alcalina, y con 300 centímetros cúbicos de sulfhidrato amónico. Se tapa el vaso que contiene la disolucion y el precipitado, y se le deja en reposo algunas horas. Se recogen despues, en un filtro, los sulfuros de plomo y de bismuto, se los lava con agua mezclada con unas gotas del sulfhidrato, y luego con agua pura, y despues de secos, se los separa del filtro, que se quema aparte, y se los convierte, agregando las cenizas, en sulfatos, tratándolos con ácido nítrico concentrado y 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, en una cápsula de porcelana, y evaporando por último casi á sequedad, es decir, hasta que empiecen los vapores blancos de ácido sulfúrico. Entonces se trata la masa con una corta cantidad de agua para disolver el sulfato de bismuto, y se recoge el de plomo en un filtro, lavándole con agua mezclada con un poco de ácido sulfúrico, secándole y calcinándole despues para pesarle y deducir la cantidad de plomo contenida en la liga. La disolucion del sulfato bismútico se mezcla con otra de carbonato amónico en exceso; y al cabo de algunas horas de reposo, se recoge en un filtro el carbonato bismútico. Despues de lavado y seco, se le coloca con el filtro en un crisol de porcelana, y se calcina para convertirle en óxido, que á su vez se trasforma en metal, fundiéndole con 4 gramos de cianuro potásico.

Número 14.

Cobre y bismuto.

Disuelto 1 gramo de la liga, como en los dos ejemplos anteriores, en 12 centímetros cúbicos de ácido nítrico, se mezcla la disolucion con 12 centímetros cúbicos de ácido cloro-hídrico y 800 de agua. Se recoje el precipitado de oxicloruro bismútico en un filtro, y despues de seco, se le funde con 4 gramos de cianuro potásico para obtener el bismuto metálico. La disolucion que contiene el cobre, mezclada con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, se evapora á sequedad, Se disuelve el sulfato cúprico en agua hasta formar el volumen de 200 centímetros cúbicos, se agregan 20 de ácido nítrico normal, y se determina el cobre por electrólisis. La evaporacion de 800 centímetros cúbicos es larga, y puede abreviarse, precipitando el cobre con zinc, redisolviéndole en 10 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, 10 de agua y 2 de ácido sulfúrico tambien normal, evaporando á sequedad, disolviendo en 200 centímetros cúbicos de agua, añadiendo 20 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, y precipitando el cobre por electrólisis.

Tambien puede tratarse la disolucion nítrica de los dos metales con otra de carbonato amónico que precipita todo el bismuto en estado de carbonato, y redisuelve el carbonato cúprico. En un filtro se recoje el precipitado de bismuto, y despues de seco, se le calcina, fundiéndole con cianuro potásico. La disolucion del cobre se evapora á sequedad, y se calcina para desprender la sal amoniacal. Despues de fria la cápsula, se añaden 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal y 6 de agua, y se evapora de nuevo á sequedad; se disuelve el resíduo en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal, y se somete esta disolucion á la electrólisis. Este procedimiento de separar los dos metales con carbonato amónico, no puede considerarse como muy exacto.

Número 15.

Aleacion de plata y cobre.

Se disuelve 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de ácido nítrico normal, calentando la cápsula con una lámpara de espíritu de vino ó en baño de arena. Se añaden á la disolucion 40 centímetros cúbicos de agua y 2 de ácido cloro-hídrico concentrado, y en un filtro se recoje el cloruro argéntico, que se lava, se seca y se funde con las cenizas del filtro, quemado aparte en un crisol de porcelana tarado.

100 de cloruro argéntico contienen 75,26 de plata.

La disolucion filtrada se mezcla con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, y se evapora á sequedad para deshacerse de los ácidos nítrico y cloro-hídrico. Se disuelve el sulfato cúprico en agua, se filtra si contiene algo de sulfato de plomo que enturbie el líquido, se completa el volúmen de 200 centímetros cúbicos con agua, se añaden 20 de ácido nítrico normal, y se somete la disolucion á la electrólisis para determinar el cobre. En el líquido que resulta de esta operacion se pueden precipitar las cortas cantidades de antimonio y de arsénico que suelen contener las platas aleadas con cobres impuros, como los que en España se emplean para liga en la moneda de plata.

Mucho mas sencillo es copelar 1 gramo de la aleacion con plomo, en la proporcion de 4 á 16 gramos, segun la cantidad de cobre que contenga la liga, pesar el boton de plata, y deducir la de cobre por diferencia. Este método no es rigurosamente exacto, porque una corta cantidad de plata es absorbida por la copela, y otra porcion, tambien muy pequeña, se volatiliza. Por cobre, ademas, se toma la diferencia, en la que va comprendida la verdadera cantidad de cobre, las cortas cantidades de otros metales con que suele estar mezclada la liga, y las pérdidas de plata por absorcion y volatilizacion.

Es más seguro, para llegar á conocer con exactitud las proporciones de plata y de cobre, recurrir al ensayo por la via húmeda, inventada por Gay Lussac.

Los ensayadores se sirven de tres líquidos para este ensayo, que llaman: disolucion normal de sal comun, disolucion décima de sal, y disolucion décima de plata. Para preparar la disolucion normal, se disuelven 5,417 gramos de sal comun por litro de agua destilada, y el líquido que resulta se somete á las rectificaciones siguientes. La condicion esencial de esta disolucion es que 100 centímetros cúbicos precipiten exactamente 1 gramo de plata pura.

Para averiguarlo, se disuelve 1 gramo de plata pura en 12 centímetros cúbicos de agua destilada y 12 de ácido nítrico normal ó á 26°, en un frasco de tapon esmerilado, y esta disolucion se mezcla con 100 centímetros cúbicos de la disolucion normal que se va á rectificar.

Puede ocurrir que se encuentre **al justo**, en cuyo caso se precipitará **toda** la plata en estado de cloruro, y en la disolucion no quedará *sal comun*, y podrá evidenciarse el caso agitando la mezcla de los dos líquidos, y probando, despues de aclarada, una parte del que sobrenada al precipitado, con unas gotas de disolucion normal. Si no se enturbia, es evidente que toda la plata se ha precipitado. Otra porcion del mismo líquido aclarado se prueba con una gota de disolucion de plata en ácido nítrico, y si tampoco se enturbia habrá tambien evidencia de que no ha quedado sal comun, y de que la disolucion normal ha salido **al justo**, lo cual rara vez ocurre en la práctica.

Si en la primera de estas pruebas se enturbiára el líquido aclarado al mezclarle con disolucion normal, será evidente que ha quedado plata por precipitar, y que la disolucion normal está **feble**, como dicen los ensayadores, para dar á entender que en cada litro de dicha disolucion no hay 5,417 gramos de cloruro sódico, porque la sal empleada contiene otras que la impurifican, ó porque se ha cometido algun error de peso ó medida. En este caso, será necesario aumentar en la disolucion normal la cantidad de sal. Si, por el contrario, en la segunda prueba, al ensayar una porcion del líquido aclarado con disolucion de plata, se formára precipitado, será prueba de que la disolucion normal está *fuerte* ó que contiene exceso de sal, y será necesario añadir agua. En cualquiera

de los dos casos, ya sea añadiendo sal ó agua, habrá necesidad de rectificar de nuevo repitiendo el procedimiento descrito, que es exactamente el que siguen los ensayadores para determinar en sus ensayes la cantidad de plata.

Disolucion décima de sal.—Se prepara mezclando 100 centímetros cúbicos de disolucion normal rectificada con 900 de agua destilada. Cada centímetro cubico de esta mezcla precipita exactamente 1 milígramo de plata, ó lo que es lo mismo, acusa 1 milésimo de plata, tomando 1 gramo ó mil milígramos para el ensayo.

Disolucion décima de plata.—Se prepara disolviendo 1 gramo de plata pura en 12 centímetros cúbicos de ácido nítrico á 26°, y añadiendo agua destilada hasta formar exactamente un volúmen de 1 litro ó 1000 centímetros cúbicos. Cada uno de estos acusa la cantidad necesaria para precipitar 1 milígramo de plata, ó 1 milésimo.

El ensayo de una liga de plata y cobre se ejecuta de este modo. Se disuelve una cantidad de aleacion tal, que contenga próximamente 1 gramo de plata, lo cual implica la necesidad de conocer la ley aproximada de la liga que se va á ensayar. Se determina aproximadamente la cantidad, en milésimas de plata, que contiene la liga, copelando 1 gramo con 5 ó 6 gramos de plomo, y pesando el boton de plata que resulte, ó bien se examina la liga con la piedra de toque. Conocida esta ley aproximada se determina la cantidad de aleacion que se ha de tomar para el ensayo por medio de la fórmula

$$P = \frac{1}{l};$$

en la que P representa el peso en gramos de aleacion que se ha de ensayar, y l la ley en milésimas, determinada por copelacion ó por medio de la piedra de toque.

Ejemplo: ¿Qué cantidad de aleacion se ha de tomar cuando la ley aproximada sea 0,903?

$$P = \frac{1}{0{,}903} = 1^{gr},107,$$

Esta cantidad de liga se echa en un frasco de vidrio trasparente é incoloro con 12 centímetros cúbicos de agua y otros

12 de ácido nítrico de 26°. El frasco se coloca destapado en un baño-maría, y cuando la liga esté disuelta, se echan 100 centímetros cúbicos de disolucion normal. Se tapa el frasco, y se agita el precipitado y el líquido dentro del frasco, y cuando se haya aclarado, se prueba si da precipitado con 1 centímetro cúbico de disolucion décima de plata. Si se enturbia es prueba de que hay todavía cloruro sódico en el líquido; se agita y se repite la dósis de la misma disolucion décima de plata: y si de nuevo se enturbia se seguirán añadiendo, uno á uno, centímetros cúbicos de la misma disolucion hasta que no se enturbie el líquido contenido en el frasco, y no apuntando el último, que no enturbió la disolucion, se descontarán de las 1000 milésimas correspondientes á los 100 centímetros cúbicos de disolucion normal, tantas milésimas, como centímetros cúbicos de disolucion décima de plata se hayan añadido. Es decir, que si se han añadido uno á uno, agitando siempre para aclarar el líquido antes de irlos echando, 8 centímetros cúbicos de disolucion décima de plata, la ley será de 1,000—7 = 0,993 en 1,107 gramos de aleacion que se tomó para el ensayo. Si el primer centímetro cúbico de disolucion décima de plata no diera precipitado, lo cual probaria que no habia ya sal comun en la disolucion, se echaria en seguida otro centímetro cúbico de disolucion décima de sal, para neutralizar el primero de disolucion décima de plata con que se hizo la prueba. Despues se añadiria otro de la décima de sal, y se continuaria, si se fuera enturbiando el líquido, con las nuevas adiciones hasta que ya no se enturbiara. Ni el primero ni el último, se tomarán en cuenta para aumentar el número de milésimas.

Ejemplo. Despues de haber mezclado la disolucion de la liga con 100 centímetros cúbicos de la disolucion normal, se añadió 1 centímetro cúbico de disolucion décima de plata, y no habiéndose enturbiado el líquido se añadieron uno á uno hasta 9 centímetros cúbicos de disolucion décima de sal. Descontando el último y el primero quedan 7, y la cantidad de plata se representará por 1,007 para 1,107 gramos de aleacion.

La ley de plata por 1000 ó en milésimas, puede deducirse

por una proporcion ó mediante la fórmula

$$L = \frac{n}{p}.$$

L representa la ley en milésimas que se busca, n el número de milésimas que acusa el ensayo por la via húmeda y P el peso de aleacion que se tomó para el ensayo.

Siendo $n = 1{,}007$ y $P = 1{,}107$ gramos, la ley resultará

$$L = \frac{1{,}007}{1{,}107} = 0{,}909\ldots\ldots \textbf{ fuertes,}$$

porque pasa de 0,909 aunque no llega á 0,910. Cuando la ley sea de 1000 milésimas, ó lo que es lo mismo, que se opere con plata fina $L = 1 = 1000$ milésimas.

Los ensayadores se sirven de tablas ya calculadas, mediante las fórmulas descritas, tanto para fijar el peso de liga que se ha de tomar para el ensayo, como para determinar la ley.

Si se quiere, ademas de la plata, conocer la cantidad de cobre, no hay mas que filtrar el líquido que sobrenada al cloruro, que se recoje en un filtro, completar con las aguas de lavado el volúmen de 200 centímetros cúbicos, añadir 20 de ácido nítrico normal y 1 de ácido sulfúrico, mezclar con un agitador todos estos cuerpos, y someter la disolucion á la electrólisis.

El método de ensayo que acabamos de describir, tiene el inconveniente de que al terminar la operacion con las disoluciones décimas, es difícil asegurar si se ha enturbiado ó no la disolucion, porque aun despues de bien agitado el cloruro con el líquido, no suele quedar completamente trasparente. Para evitar esta causa de error, **Volhard** ha propuesto una variacion en el método de ensaye por la via húmeda, que consiste en precipitar la plata de sus disoluciones en ácidos, ya sea el nítrico ó el sulfúrico, con una disolucion normal de sulfocianuro potásico ó amónico. El sulfo-cianuro argéntico es blanco, insoluble y denso como el de cloruro, y se aglomera por agitacion lo mismo que el último, del cual es imposible distinguirle á la vista en el primer momento; no cambia de

color espuesto á la luz como el cloruro. La ventaja del nuevo reactivo consiste en que el sulfocianuro potásico comunica instantáneamente, un color rojo subido á los líquidos que contienen una corta cantidad de una sal férrica en disolucion, color, sin embargo, que no aparece, cuando á la vez hay plata en el líquido, hasta que este último metal se ha precipitado totalmente. Por este medio, es facilísimo y seguro determinar con exactitnd el momento en que la plata se ha precipitado por completo, y el ensayador camina con seguridad y sin la incertidumbre que suele quedarle en la última milésima, por falta de trasparencia en la disolucion, que no se alcanza ni agitando ni dejando reposar el líquido.

Se prepara una disolucion normal de sulfocianuro potásico ó amónico, teniendo presentes los datos siguientes, que estampo aquí, tomándolos del tratado de química de Berzelius, por no hallarse consignados, por lo comun, en los libros elementales.

El peso atómico del sulfocianógeno es igual á 58,68 en la escala del hidrógeno, y su fórmula C y $S^2 = C^2 NS^2$.

El del sulfocianuro potásico es igual á 97,92, y el compuesto se representa por KC y $S^2 = KC^2 NS^2$.

El del sulfocianuro amónico por 76,86, y su fórmula $NH^4 CS^2 = NH^4 C^2 NS^2$.

La composicion, en 100 partes de estos cuerpos, es la siguiente:

Sulfocianógeno.

Carbon	20,87
Nitrógeno	24,18
Azufre	54,95
	100,00

Sulfocianuro potásico.

Potasio	40,09
Sulfocianógeno	59,91
	100,00

Sulfocianuro amónico.

Amonio.....	23,66
Sulfocianógeno.....	76,34
	100,00
Peso atómico de la plata.....	108,30

Es pues evidente, por estos datos, que para precipitar 108,30 de plata son necesarios 97,92 de sulfocianuro potásico y 76,86 de sulfocianuro amónico, y por medio de dos proporciones se deduce, que para precipitar 1 gramo de plata se necesitan 0,904 gramos de sulfocianuro potásico y 0,710 de sulfocianuro amónico.

Suponiendo que se dé la preferencia al potásico, resulta que para 100 ensayos se deberán disolver 90,400 gramos de dicho compuesto en 10 litros de agua, ó 9,040 gramos por litro.

La disolucion décima de sulfocianuro potásico se formará con 100 centímetros cúbicos de la normal y 900 de agua destilada, y la décima de plata, disolviendo 1 gramo de plata pura, lo mismo que se explicó para el ensayo de Gay-Lussac, en 12 centímetros cúbicos de agua destilada, y 12 de ácido nítrico normal, y añadiendo agua destilada hasta completar el volúmen de 1 litro.

El ensayo se ejecuta lo mismo que si se hiciera con sal comun, con la diferencia de que á la disolucion de la liga en ácido nítrico, se añaden unas gotas de sulfato férrico, ó de alumbre de hierro. Se mezclan 100 centímetros cúbicos de la disolucion normal de sulfocianuro potásico con la disolucion de la liga, y sin cuidarse de la coloracion momentánea del líquido, se agita la mezcla; y ocurrirá, que si no se ha precipitado toda la plata, el líquido resultará incoloro, si no tenia cobre la liga, ó azulado si la plata estuviese aleada con dicho metal. Si, por el contrario, toda la plata se hubiere precipitado con los 100 centímetros cúbicos de disolucion normal, el menor exceso de sulfo-cianuro comunica un tinte rojo al líquido, que sobrenada, sin que el del cobre sirva

de obstáculo para que se presente con toda su intensidad. En el ensayo por el método de Gay-Lussac, hay que tantear para saber si ha quedado exceso de disolucion normal ó plata sin precipitar, con la disolucion décima de plata primero, y luego con la décima de sal, lo cual es siempre largo y á veces incierto.

En Alemania se ha considerado la modificacion de Volhard como un perfeccionamiento importantísimo, y en muchos laboratorios se ha adoptado definitivamente el nuevo procedimiento, abandonando el del cloruro sódico. Mis ensayos me han convencido de la exactitud y seguridad de este sistema.

Número 16.

Aleaciones de plata y oro.

El método mas seguro de separar cuantitativamente estos metales, cualquiera que sea la relacion en que se encuentren combinados, es la siguiente.

Reducida la aleacion á láminas delgadas ó á pedazos pequeños, se disuelve 1 gramo en 12 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, en una cápsula de platino de 12 á 15 centímetros de diámetro, y en su defecto, en una de porcelana de la misma capacidad, que se calienta al calor de una lámpara de espíritu de vino, hasta que cese el desprendimiento de ácido sulfuroso y empiecen los vapores blancos de ácido sulfúrico. Se la deja enfriar completamente, y se añade agua destilada. El primer efecto que produce esta adicion, es precipitar la mayor parte del sulfato argéntico en estado cristalino, que se disuelve por completo calentando y añadiendo agua suficiente. La disolucion, que contiene toda la plata, se separa por decantacion, del oro, que se deposita en el fondo de la cápsula. Se trata de nuevo este metal con 8 centímetros cúbicos del mismo ácido sulfúrico normal, se calienta, y se procede en un todo como en el primer tratamiento. El oro se lava con agua caliente dos ó tres veces, y se pesa. Las aguas de estos lavados se reunen á la disolucion del sulfato argéntico, y se precipita la plata con ácido cloro-hídrico.

Si además de oro y plata tuviera cobre la aleacion, se evapora á sequedad el líquido que resultó al filtrar el cloruro argéntico, y el resíduo se disuelve en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal, y se somete á la electrólisis.

Los procedimientos, fundados en la propiedad que tiene el ácido nítrico, de disolver la plata sin atacar al oro, ó en la del agua régia que disuelve al oro y convierte á la plata en cloruro insoluble, no son aplicables á todas las infinitas combinaciones de plata y oro que pueden ocurrir, pero ambos procedimientos dan excelentes resultados en determinados casos.

Si la proporcion de plata no baja de 70 por 100, y por consiguiente, la del oro no pasa de 30, ó en otros términos, si la cantidad de plata es dos veces y media á tres la del oro, se separan perfectamente estos metales con ácido nítrico; y si la liga se ha reducido préviamente á lámina delgada, el oro conserva esta forma, y se obtiene en un solo pedazo. Se disuelve 1 gramo de la liga en 15 centímetros cúbicos de ácido nítrico á 22°, y se pone á hervir en un matraz de vidrio, en baño de arena ó al calor de una plancha de hierro calentada, ó á la llama de un mechero de gas; cuando cesen los vapores rojos, se deja enfriar, y se decanta la disolucion del nitrato de plata; despues se trata el oro, impuro todavía, con 8 centímetros cúbicos de ácido á 32°, y se procede del mismo modo que con el de á 22°. Se lava el oro, reuniendo las aguas de lavado á la disolucion de nitrato argéntico, se le pesa y se precipita la plata en estado de cloruro, y si tuviera cobre la liga, se evapora á sequedad el líquido filtrado, añadiendo 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, y se disuelve el resíduo en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal, para someterle á la electrólisis. Si se aplica el método de separacion con ácido nitrico á ligas que contengan mas de 30 por 100 de oro, resulta siempre oro aleado con mas ó menos plata.

Cuando la cantidad de plata no pasa de 15 por 100, y por consiguiente la de oro es mayor de 85, se pueden separar los dos metales con agua régia siguiendo la marcha descrita,

con la diferencia de emplear 15 centímetros cúbicos de agua régia en vez de ácido nítrico. La plata se trasforma en cloruro insoluble, que se recoje en un filtro, y el oro se disuelve en estado de cloruro, y se encuentra en el líquido filtrado. Para separarle se concentra la disolucion, poniéndola á hervir con 6 centímetros cúbicos de ácido cloro-hídrico; se la diluye despues, y se precipita el oro con una disolucion de cloruro ferroso recientemente preparado (1), ó con ácido oxálico disuelto en agua, lo que facilita la separacion del cobre por electrólisis, procediendo como en los ejemplos anteriores.

Pero fuera de estos casos, es decir, cuando la ley de plata está entre 15 y 70 por 100, no es posible separar los dos metales con exactitud, ni con ácido nítrico ni con agua régia. Si la ley de plata está comprendida entre 15 y 70 por 100, y se trata la liga con agua régia, el cloruro argéntico envuelve al oro, formando una costra que se opone á la accion del ácido, y no se consigue la separacion.

Los ensayadores determinan la cantidad de oro en las monedas y pastas monetarias que contienen, además del oro, plata ó cobre, ó los dos á la vez, por el método que llaman de *incuartacion*. Conocida la ley de oro de la aleacion con la piedra de toque, añaden la cantidad de plata necesaria para que resulten tres partes de este metal por una de oro, de modo que el último entra por la *cuarta* parte. Toman medio gramo de liga para el ensayo, ponen en una copela 5 gramos de plomo, y cuando el baño se abre echan el medio gramo de liga y la plata correspondiente; copelan, y el boton de plata y oro que resulta le forjan sobre un yunque y le estiran en un laminador pequeño, recociéndole una ó dos veces en la mufla para evitar que se abra. Despues le enrollan formando dos espirales que se reunen en el centro de la lámina, y esta, que llaman el pallon, se trata como queda dicho, primero con ácido nítrico á 22° y luego con ácido á 32°, lavan el oro, le recuecen despues de seco, en la misma mufla, y le pesan. Este

(1) Disolviendo en ácido cloro-hídrico puro, al calor de la lámpara de espíritu de vino, alambre de hierro, del que debe quedar un exceso despues de saturado el ácido.

método da excelentes resultados, y es breve, pero no pueden determinarse á la vez con exactitud el cobre ni la plata. El primero suelen calcularle los ensayadores por lo que pierde la liga al copelarla, lo que no pasa de ser una aproximacion; y la plata por diferencia, procedimiento que tampoco tiene la exactitud de una determinacion directa. Rose, en su tratado de química analítica, asegura que solo el oro que se obtiene en polvo está puro, y que el procedente de la incuartacion contiene una cortísima cantidad de plata, que puede evidenciarse disolviendo un pallon en agua régia, y diluyendo con agua para hacer visible el precipitado ó ligera nube de cloruro argéntico que enturbia la disolucion. Añade que el método de incuartacion no da resultados seguros cuando se toman mas de 500 milígramos para el ensayo.

Recientemente se ha introducido en Alemania una modificacion en este procedimiento, que describe el Sr. Kraus, empleado en la casa de moneda de Darmstadt.

Se pesan 250 milígramos de liga, y de 700 á 900, segun la ley de oro, de cadmio. En un crisolito de porcelana, calentado á la llama de espíritu de vino de doble corriente, ó á la de un mechero de gas, se funde 1 gramo de cianuro potásico, en el líquido que resulta, se echan el cadmio y la liga. En tres minutos se obtiene un boton metálico que se deja enfriar retirando el crisol de la lámpara. Se disuelve en agua el cianuro, y el boton en ácido nítrico á 36°. El oro se obtiene puro y en polvo, y la plata, el cobre y el cadmio pasan á la disolucion, á la que se reunen las aguas de lavado. Se recuece el oro en un crisolito de bizcocho; en el líquido se precipita la plata con ácido cloro-hídrico, y de la disolucion evaporada á sequedad con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico, se extrae el cobre por electrólisis, disolviendo el resíduo en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal. El cadmio queda disuelto en el líquido que resulta de la electrólisis.

En este sistema de incuartar, se suprime la copelacion, reemplazándola con una fusion que se verifica en 3 minutos, y se determinan directamente la plata y el cobre, pero aunque se separe el oro completamente puro, no se le obtiene con

un solo pedazo como en el método de la incuartacion con la plata. Tampoco es una ventaja que no se tomen para el ensayo mas que 250 milígramos, segun prescribe Mr. Kraus, en vez de los 500 que se fijan para el procedimiento de incuartar con plata.

De todos modos, aunque la disolucion del cadmio y de la plata y cobre es lenta, y se alarga alguna vez hasta una hora en ligas muy ricas en oro, la incuartacion con cadmio me parece un procedimiento analítico sencillo, que se aplica á todas las aleaciones de oro y plata, que no necesita de la copelacion, y que conduce á una separacion completa de los dos metales.

Número 17.

Oro, platino, plata y cobre.

Oro y platino.—Se disuelve 1 gramo de la liga, colocada en un matraz de vidrio, en 15 centímetros cúbicos de agua régia; se concentra la disolucion, se añade un volúmen de alcohol absoluto que venga á formar el 60 ó 70 por 100 del de la disolucion, y despues se precipita, con cloruro potásico disuelto en agua, el cloruro doble de platino y de potasio. Se recoje este precipitado, de color amarillo anaranjado, en un filtro, se le lava con espíritu de vino mezclado con un poco de cloruro potásico, y despues de seco se le calcina; se disuelve en agua el cloruro potásico, y el platino metálico lavado, se pesa directamente. Cuando la cantidad de precipitado pasa de 4 decígramos, no se logra por la calcinacion sola, ó mezclando con el precipitado, como algunos aconsejan, ácido oxálico cristalizado, descomponer completamente el cloruro doble de platino y de potasio en platino y cloruro potásico, y es necesario, despues de haberle calcinado en un crisol de platino tarado, cubrir el crisol con una tapa de porcelana, que tiene en el centro un agujero, por el que pasa un tubito curvo y estrecho de porcelana, que sirve para conducir al crisol hidrógeno secado en ácido sulfúrico y en cloruro cálcico sucesivamente. En esta atmósfera de hidrógeno se com-

pleta la descomposicion de cloruro doble, y con agua se puede separar el cloruro potásico del platino metálico. El líquido alcohólico, que contiene el oro en disolucion, se concentra á un calor moderado sin que rompa á hervir, y cuando cesan los vapores alcohólicos, se precipita el oro con una disolucion de sulfato ó cloruro ferroso recien preparada, ó con ácido oxálico disuelto en agua. Se recoje el oro en un filtro, se le lava con agua y ácido cloro-hídrico, y despues de seco y calcinado se pesa.

Platino y plata.—Se separan con ácido sulfúrico normal, en la forma descrita para separar el oro y la plata con este reactivo.

Aunque el platino es insoluble en ácido nítrico, cuando está aleado con plata, y se trata la liga de los dos metales con este ácido, se disuelve una parte del platino, un 10 por 100, con toda la plata, y lo que es aún más sorprendente, el líquido no adquiere el color amarillento propio de las disoluciones del platino. Si se precipita la plata con ácido cloro-hídrico, no es posible obtener en el líquido resultante, por mas que se le concentre, el precipitado del doble cloruro de platino, potasio ó de amonio. A lo sumo, se logra un precipitado correspondiente á una pequeña parte del platino disuelto. La separacion de la plata y del platino, no puede obtenerse, por consiguiente, con ácido nítrico.

Oro, platino, plata y cobre.—Se disuelve 1 gramo de la liga en 12 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico, como queda explicado para separar el oro y la plata. En el líquido filtrado se precipita la plata con ácido cloro-hídrico; el precipitado de cloruro argéntico se recoje en un filtro, y el líquido se evapora á sequedad. Se disuelve el resíduo de esta evaporacion en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal, y se somete á la electrólisis para determinar el cobre. El oro y platino, recogidos en la cápsula, se disuelven en agua régia, y se separan con cloruro potásico y alcohol, como se ha explicado.

Número 18.

Oro, platino, estaño, antimonio y otros metales.

Cuando en una liga se reunen metales insolubles en ácido nítrico, como el oro y el platino, con otros, que se oxidan y tampoco se disuelven, como el estaño y antimonio, se separan por medio del gas cloro.

1 gramo de la liga, reducida á pedazos pequeños, limaduras ó á polvo, se coloca cuidadosamente en un tubo de bola, doblado en ángulo recto por uno de sus brazos. La aleacion debe caer toda en la bola, y si alguna parte quedara en las ramas, se limpia con las barbas de una pluma. Para proceder con exactitud, conviene pesar primero el tubo de bola, vacío; colocar despues próximamente 1 gramo de aleacion en la bola, limpiar los brazos del tubo interiormente, como se ha dicho, y pesar de nuevo para conocer por diferencia la cantidad que se somete á la análisis. Por el tubo se hace pasar una corriente de gas cloro, que se seca al salir del matraz, de donde se desprende, primero en un frasco lavador que contiene ácido sulfúrico, y despues atravesando fragmentos de cloruro cálcico contenidos en un tubo recto, ó en uno en forma de **U**. Despues que el cloro ha desalojado al aire, se calienta la bola con precaucion y á un calor suave con la llama de la lámpara de doble corriente, ó con un mechero de gas, y poco á poco, los cloruros de los metales volátiles van pasando por el brazo encorvado del tubo de bola, á un frasco ó á un matraz que contiene agua destilada, ó una disolucion de ácido tártrico en agua si la liga contiene antimonio. El gas excedente sale por un tubo largo que sirve de chimenea, colocado en el tapon del frasco ó del matraz, ó se conduce á otro frasco con agua, y de este sale á la atmósfera como Rose prescribe.—El oro, el platino, la plata, el cobre, el plomo, el niquel y el cobalto, quedan en la bola en estado de cloruros, que llamaremos fijos.—El estaño, el antimonio, el arsénico, el mercurio y el bismuto, forman cloruros volátiles, y

pasan á disolverse en el agua del frasco ó matraz, que sirve de condensador. El cloruro de hierro queda en parte entre los fijos, otra porcion pasa con los volátiles, y el resto se condensa en el brazo curvo del tubo, del cual se le puede hacer pasar al condensador, calentando la porcion de tubo en que se haya depositado con una lámpara de espíritu de vino. Los cloruros de zinc y de cadmio quedan entre los cloruros fijos si no se eleva demasiado la temperatura, lo cual no es necesario ni conveniente.

Cuando cese el desprendimiento de los cloruros volátiles, se retira la lámpara de doble corriente, y se deja enfriar el tubo completamente, tomando las precauciones conocidas para evitar una absorcion del líquido del condensador. Despues se corta con una lima el tubo cerca de la bola, y esta con el brazo que penetraba en el frasco ó matraz, se lava interiormente sumergiéndole en el líquido del condensador, y despues con agua.

Los cloruros fijos, contenidos en la bola, se tratan con unas gotas de ácido nítrico primero, y luego con agua para formar una disolucion, de la que se separan los metales siguiendo las reglas apuntadas en los ejemplos anteriores. El cloruro de plata no se disuelve. Cuando, entre los fijos hay plomo y plata, los cloruros se funden y es muy difícil separarlos con agua: pero agregando un pedacito de zinc, se reducen á metales y se los disuelve despues en ácido nítrico, para separarlos por los métodos explicados.

La misma marcha se sigue con los cloruros volátiles disueltos en agua.

Particularizando el método de separar los metales con cloro, nos fijaremos en una liga que contenga oro, cobre, plata y estaño. Los cloruros de oro, cobre y plata, quedarán en estado de cloruros fijos, en la bola, y el estaño, en el condensador, disuelto en agua. La bola, con los cloruros fijos, se echa en una cápsula de porcelana con un poco de ácido nítrico, para convertir la porcion de cobre que se encuentra en estado de cloruro cuproso en cloruro cúprico; despues se echa agua, se calienta y se filtra para recojer el cloruro argéntico, que se seca y se pesa como queda explicado en ejemplos anteriores.

En la disolucion se precipita el oro con cloruro ferroso, y el líquido filtrado se evapora á sequedad con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, se *calcina perfectamente* el resíduo para descomponer la sal férrica, se disuelve el resíduo en 200 centímetros cúbicos de agua y 20 de ácido nítrico normal, y se somete á la electrólisis para determinar el cobre.

Por el líquido del condensador se hace pasar una corriente de hidrógeno sulfurado, para precipitar todo el estaño en estado de sulfuro, que lavado y seco, se trasforma, calcinándole al aire, en ácido estánnico.

Número 19.

Mezcla de óxido rojo de mercurio (*Hg,O*), *mínimo* (*PbO,PbO²*), *y de cinabrio* (*Hg,S*).

Se disulve 1 gramo de la mezcla en una cápsula de porcelana al calor del baño de arena, en 12 centímetros cúbicos de agua y 12 de ácido nítrico normal. Se filtra, se lava el resíduo de cinabrio y de ácido plúmbico, y se analiza como luego se dirá. El líquido filtrado, que contiene en disolucion el óxido plúmbico perteneciente al minio, y ademas el óxido mercúrico, se mezcla primero con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, se concentra despues á un calor suave, y se filtra para recojer el sulfato plúmbico, que se lava, se seca, y mezclado con las cenizas del filtro, que se quemará por separado, se calcina en un crisol de porcelana tarado. Del peso de este sulfato, se deduce el de óxido plúmbico del minio (1). La disolucion, despues de haber separado el plomo, no contiene mas que el mercurio, que se determina por electrólisis en la forma descrita, despues de haberla mezclado con 6 centímetros cúbicos de ácido cloro-hidríco concentrado, 20 de sulfito amónico, y la cantidad de agua necesaria para formar un volúmen de 150 á 200 centímetros cúbicos.

---

(1) 100 de sulfato contienen 73,60 de óxido plúmbico (Pb,O).

En el filtro, en que se recojieron el cinabrio y el ácido plúmbico, se echan 10 centímetros cúbicos de ácido nítrico normal, que se calienta préviamente, y además 4 centímetros de una disolucion de ácido oxálico (1), que reduce el ácido plúmbico á óxido con desprendimiento de ácido carbónico. Al través del filtro pasa este óxido disuelto en ácido nítrico, y se precipita en estado de sulfato como anteriormente se ha dicho, es decir, evaporando el líquido mezclado con 2 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico normal, filtrando, etc. Del peso de este sulfato se deduce la cantidad de ácido plúmbico (2), que sumada con la del óxido del minio, dará el total de minio en la mezcla. El cinabrio que queda en el filtro, si está puro, se puede pesar despues de haberlo secado á 100°, y si se hallare mezclado con otras sustancias, como sulfato de barita, ocre, etc., se disuelve en ácido cloro-hidrico con unos cristalitos de clorato potásico, y se somete la disolucion, adicionada de sulfito amónico, á la electrólisis.

Luis de la Escosura Morrogh.

---

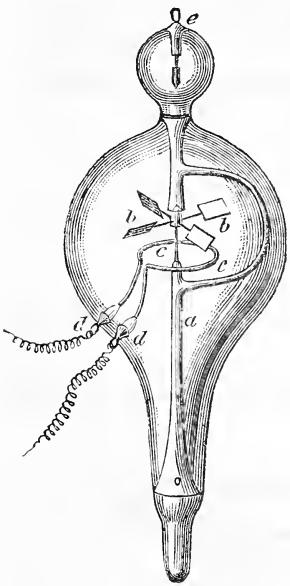
(1) Wohler, T. d'Analise Chimique.
(2) 100 de sulfato representan 81,6 de ácido plúmbico (Pb,O^2).

MEMORIA SOBRE LA MATERIA RADIANTE.

(Continuacion.)

Cuando la presion es solamente de unos pocos milímetros de azogue, al pasar la corriente eléctrica se nota una especie de halo de luz violeta suave, que se forma sobre el costado metálico de los discos, mientras que el lado opuesto (de mica) permanece oscuro. A medida que se disminuye la presion se vé un espacio oscuro, que separa el halo violeta del metal. A la presion de medio milímetro este espacio oscuro se estiende al vidrio y empieza la rotacion. Si se lleva más lejos el enrarecimiento el espacio oscuro se ensancha, y parece como si fuese achatado contra el vidrio, siendo ya muy rápida la rotacion.

Fig. 13.



Hé aquí otro aparato (*fig.* 13) que demuestra la fuerza mecánica de la materia radiante lanzada por el polo negativo.

Un árbol (*a*) sostiene una punta de aguja sobre la cual gira un débil molinete de mica (*b*, *b*). El molinete se compone de cuatro veletas de mica muy fina, sostenidas por cuatro brazos de aluminio, y en el centro hay una tacita de vidrio que descansa sobre la punta de la aguja. Las veletas tienen una inclinacion de 45° con relacion al plano horizontal. Debajo de la cruceta hay un anillo fino de alambre de platino (*e*, *c*), cuyos cabos pasan á través del vidrio por la parte esterior á *d*, *d*. Un remate de aluminio (*e*) está fijo en la parte superior del tubo, y el todo está enrarecido en sumo grado.

Con la linterna eléctrica se puede proyectar la imagen de las veletas sobre la pantalla. Los alambres de la bovina eléctrica están ya unidos, siendo el anillo de platino el polo negativo, el alambre de aluminio el positivo.

Instantáneamente las veletas empiezan á dar vuelta con mucha velocidad, pues la materia radiante está lanzada del anillo de platino con bastante fuerza; pero hasta aquí este aparato no ha demostrado más que lo que los anteriores nos hacian esperar, ahora se notará lo que va á suceder.

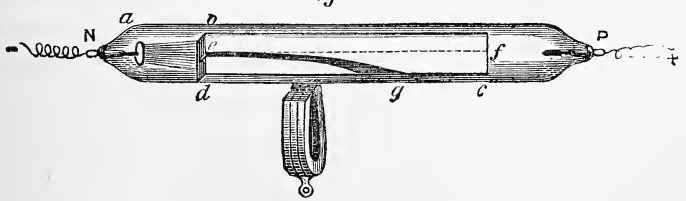
Vamos á retirar los hilos de la bovina de induccion, y unir los dos cabos del alambre de platina con una pequeña batería galvánica. Esta calienta el anillo *c*, *e*, con un color rojo, y bajo la influencia del color se nota que las veletas vuelven á dar vueltas tan rápidamente como cuando la bovina de induccion estaba unida. He aquí por consiguiente otro hecho muy importante. La materia radiante en estas vasijas tan altamente enrarecidas de aire no es solamente escitada por el polo negativo de una bovina de induccion, sino que un alambre caliente es suficiente para ponerla en movimiento con fuerza bastante para hacer andar las veletas.

La materia radiante se desvía por medio del iman.

Ahora pasamos á otra cualidad que posee la materia radiante.

El tubo largo (*fig.* 14) altamente enrarecido tiene un polo

Fig. 14.



negativo al extremo (*a*), y un biombo largo surtidor (*b*, *e*), que pasa por el centro y á lo largo del tubo.

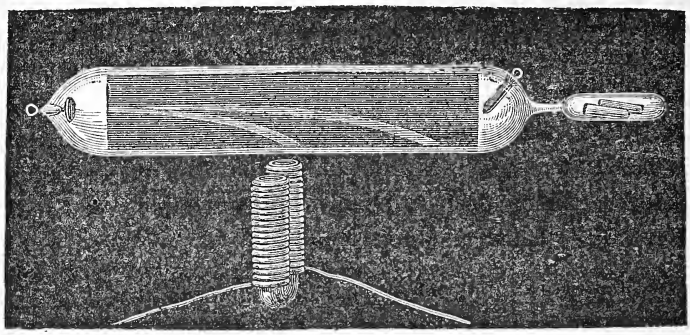
En frente del polo negativo hay una hoja de mica (*b*, *d*),

con un agujero; resulta pues que cuando pasamos la corriente eléctrica, una línea de luz fosforescente (*e*, *f*) se produce por todo el largo del tubo. Ahora colocamos un iman debajo del tubo, y se observa que la línea de luz (*e*, *g*) se curva bajo la influencia magnética, doblándose de un lado al otro como una varilla flexible á medida que se cambia el iman.

Esta accion del iman es muy curiosa, y si la seguimos con atencion hasta el fin nos servirá para dilucidar otras propiedades de la materia radiante.

Hé aquí (*fig.* 15) un tubo semejante al último, que tiene á

Fig. 15.



un estremo un pequeño tubo para potasa el cual, al calentarse, destruye un poco el vacío.

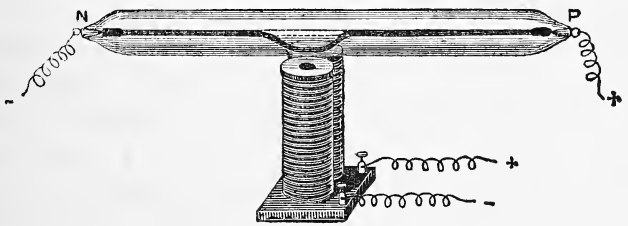
Al lanzar la corriente eléctrica se verá el rayo de materia radiante trazando su trayectoria en una línea encorvada bajo la influencia del iman. Obsérvese la forma de la curva.

Las moléculas lanzadas del polo negativo pueden ser comparadas á una descarga de balas de una ametralladora, y el iman debajo representará el globo terrestre, curvando con la gravitacion, la trayectoria de las balas: sobre el haz luminoso se ve la trayectoria encorvada de las balas trazada con precision. Ahora supongamos que la fuerza repulsiva queda constante y fija, la curva trazada por el proyectil variará con la velocidad. Si cargamos el cañon (hablando figuradamente) con más pólvora, la velocidad será mayor y la trayectoria mas baja, y si se interpone entre el cañon y el blanco un cuer-

po mas denso y resistente, se disminuye la velocidad del proyectil, haciéndole seguir una curva mayor, y descender al suelo mas pronto. No podemos aumentar convenientemente aquí la velocidad de nuestra corriente de moléculas por medio de un aumento de pólvora en la batería, pero vamos á someterlas á mayor resistencia en su trayecto, desde un estremo del tubo al otro. Calentamos la potasa cáustica con una lámpara de alcohol y se produce así un poco mas de gas. La corriente de materia radiante responde instantáneamente. Su velocidad se encuentra detenida. El magnetismo tiene mas tiempo para influir sobre las moléculas individuales; la trayectoria está mas y mas curvada hasta que las balas moleculares, en lugar de lanzarse al estremo del tubo, caen al fondo antes de llegar á la mitad del camino. Es muy interesante determinar si la ley que gobierna la desviacion magnética de la trayectoria de materia radiante, es la misma que hemos encontrado vigente en un grado menos perfecto de enrarecimiento. Los esperimentos que hemos hecho ver, han sido llevados á cabo en un vacío muy perfecto.

Hé aquí un tubo con un vacío ordinario (*fig.* 16). Cuando lanzamos la chispa de induccion, ésta pasa de un polo al otro como una línea de luz violeta muy delgada. Debajo

Fig. 16.

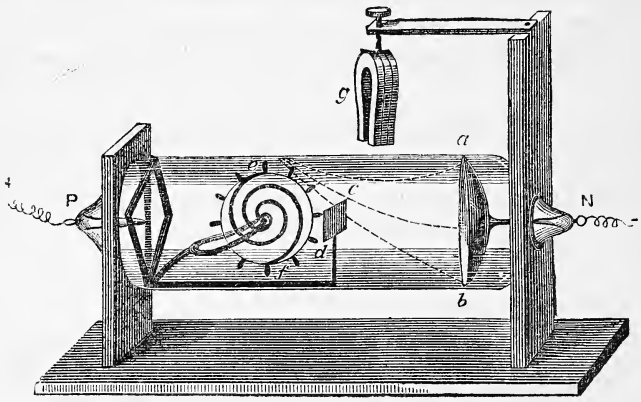


hay un iman electro-magnético de mucha fuerza. Al producirse el contacto, la línea luminosa se deprime en el centro hácia el iman. Al invertir los polos se verifica lo contrario, la línea se dirige contra la parte superior del tubo. Nótese la diferencia entre los dos fenómenos; aquí la accion es transitoria. La depresion tiene lugar bajo la influencia magnética; la línea de descarga se levanta entonces y prosigue su camino

superior hasta el polo positivo, mientras que en los vacíos de órden despues que la corriente de materia radiante que se habia deprimido hácia el iman, no recobra su fuerza ni direccion primitiva, sino que obedeciendo á la influencia magnética, continúa su camino en la nueva y cambiada direccion.

Mediante el ingenioso aparato (*fig.* 17), construido por Mr. Gimingham, podemos demostrar la desviacion magnética en la linterna eléctrica. El polo negativo (*a*, *b*) tiene la forma de una taza muy somera. En frente de la taza hay una pantalla

Fig. 17.



de mica (*e*, *d*), bastante ancha para interceptar la materia radiante que viene del polo negativo. Detrás de esta pantalla hay una rueda de mica (*e*, *f*), con una série de veletas en forma de ruedas de buques de vapor. Así arreglado, los rayos moleculares que provienen del polo *a*, *b*, no pueden llegar á la rueda, y no producen movimiento. Se coloca un iman *g*, y encima del tubo, á fin de desviar la corriente, sea encima, sea debajo del obstáculo (*c*, *d*), y el resultado será un movimiento rápido en una ú otra direccion segun se cambie el iman.

Proyectamos la imagen de este aparato sobre el bastidor. Las líneas espirales pintadas sobre la rueda, indican la direccion de su movimiento. Arreglamos el iman de modo que atraiga la corriente molecular, para que esta se estrelle contra las veletas superiores de la rueda que da vueltas rápidamente. Se cambia el iman de manera que la materia radiante pase

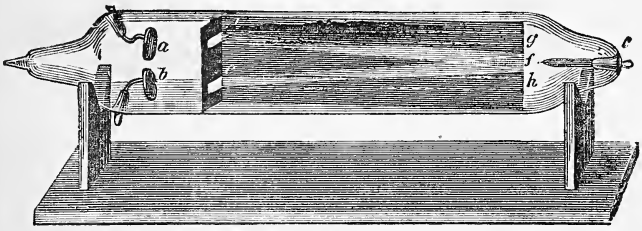
por debajo de la pantalla, la velocidad de la rueda disminuye, se para, y entonces empieza á andar en la direccion opuesta. Esto se puede repetir tantas veces cuantas se cambie la posicion del iman.

Queda dicho que las moléculas de la materia radiante lanzadas del polo negativo se electrizan negativamente. Es probable que su velocidad se deba á la repulsion mútua entre las moléculas y el polo electrizado semejantemente.

En los vacíos ménos intensos, como acabamos de ver (*figura* 16), la descarga pasa de un polo á otro llevando una corriente eléctrica como si fuese un alambre flexible. Es de muchísimo interés asegurarse si la corriente de materia radiante lanzada del polo negativo, lleva tambien una corriente igual.

Hé aquí (*fig.* 18) un aparato que decidirá la cuestion inmediatamente. El tubo encierra dos remates terminales negativos (*a*, *b*) juntos en un estremo, y otro positivo (*c*) en el otro

Fig. 18.



Esta disposicion nos permite enviar dos corrientes de materia radiante paralelas á lo largo de la pantalla fosforescente, ó siquiera una sola al desunir uno de los polos negativos.

Si las corrientes de materia radiante llevan una corriente eléctrica, obrarán como dos alambres conductores paralelos, y por consiguiente la una *atraerá* la otra; pero si se componen simplemente de moléculas electrizadas negativamente, la una *repelerá* la otra.

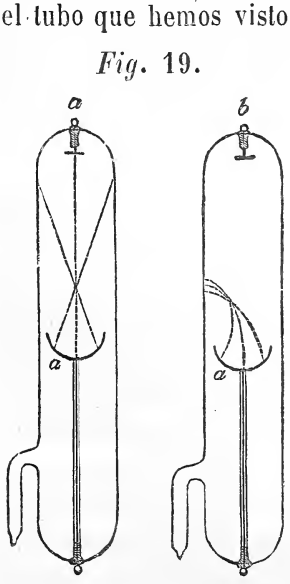
Primeramente vamos á unir la bovina al polo negativo de encima (*a*), y se verá el rayo lanzarse por la línea (*d*, *f*). Al poner en juego el polo negativo de debajo (*b*), otra línea (*c*, *h*)

se lanza á lo largo del biombo. Repárese como la primera línea se conduce; salta de su primitiva posicion (*d*, *f*) á *d*, *g*, demostrando así que está repelida, y si el tiempo nos lo permitiera podríamos demostrar que la línea de debajo está tambien desviada de su direccion normal. Por consiguiente las dos corrientes paralelas de materia radiante ejercen repulsion mútua, obrando, no como conductores de corriente, sino meramente como cuerpos similitudinariamente electrizados.

La materia radiante produce calor cuando se interrumpe su tránsito.

Durante estos esperimentos, otra propiedad de la materia radiante se ha manifestado, aunque no hemos llamado la atencion sobre ella. El vidrio se calienta mucho en el sitio en que la fosforescencia verde es mas fuerte. El foco molecular sobre el tubo que hemos visto (*fig.* 8) se calienta intensamente, y hé aquí un aparato por el cual este calor al punto focal puede ser demostrado claramente.

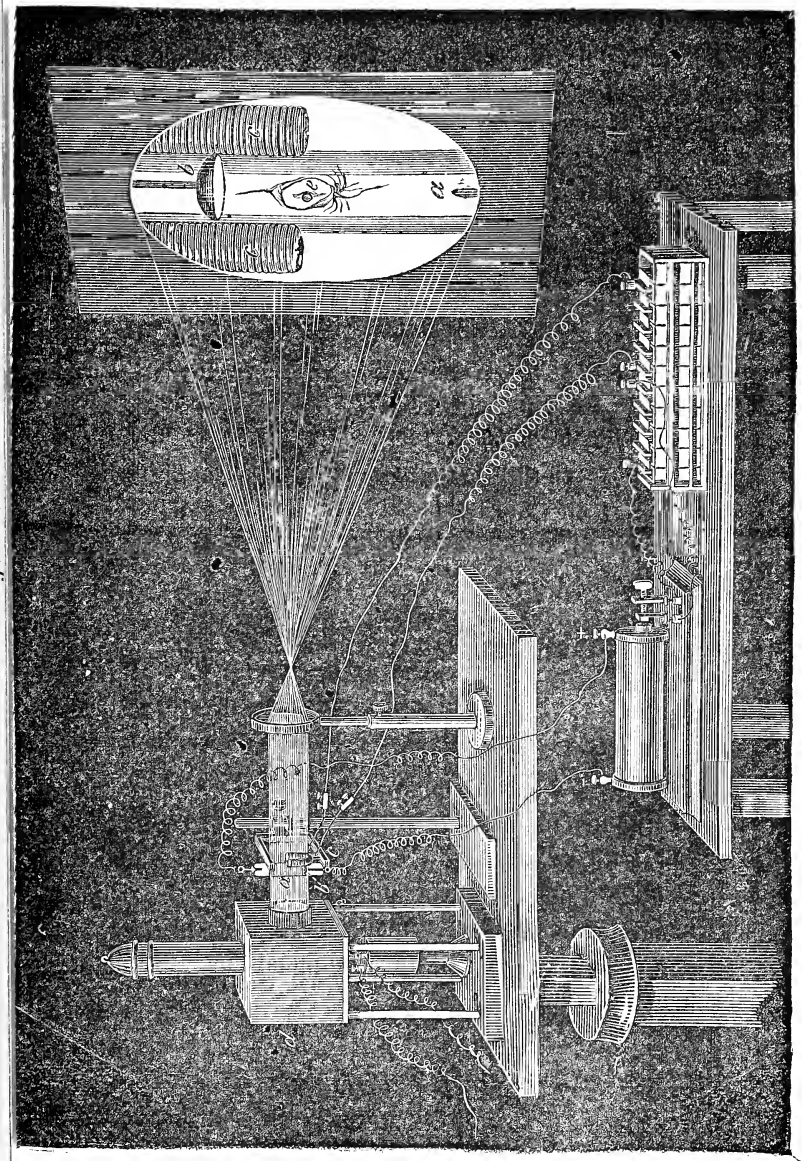
Fig. 19.



Un tubo pequeño (*fig.* 19), encierra un polo negativo en forma de taza, la cual proyecta los rayos á un foco en el centro del tubo. Al costado del tubo hay un pequeño iman eléctrico, que se puede poner en juego al tocar una llave, y el foco se atrae entonces al lado del tubo de vidrio (*fig.* 19 *b*).

Para demostrar la primera accion del calor, el tubo se cubre con cera. Si se coloca el aparato delante de la linterna eléctrica (*figura* 20), una imágen aumentada aparecerá sobre la pantalla. La bovina trabaja ya, y el foco de los rayos moleculares se proyecta á lo largo del tubo.

Agreguemos la corriente magnética, y acerquemos el foco al costado del vidrio. La primera cosa que se ve es una man-

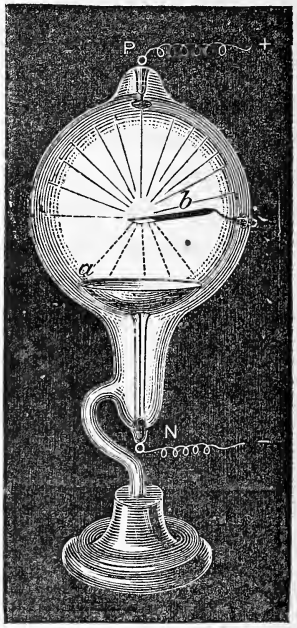


cha redonda pequeña, que se forma en el centro de la cera derretida, luego el vidrio empieza á crujir y se ven lanzarse

rayos del centro del calor. El vidrio se reblandece, la presion atmosférica influye para deprimirlo, y luego se funde. Si se hace un agujero (*e*) en el centro, el aire penetra y el esperimento se acaba.

Este foco de calor se puede ver mas evidentemente si se le dirige sobre un metal. El globo (*fig.* 21) tiene un polo negativo en forma de taza (*a*): los rayos serán por sí proyectados á un foco sobre un pedazo de iridio-platina (*b*), sostenido en el centro del globo.

Fig. 21.



Primeramente se aplica ligeramente la corriente eléctrica de modo que toda su fuerza no se desarrolle á la vez. El foco se dirige sobre el metal, calentándolo hasta el calor blanco. Si acercamos un iman pequeño se ve que el foco de calor se puede desviar, de la misma manera que el foco luminoso en el otro tubo.

Al mudar el iman se puede cambiar el foco, sea por arriba sea por abajo, ó alejarlo completamente del metal, y dejar á este sin iluminacion alguna. Al retirar el iman las moléculas entran en todo su juego otra vez, y el metal está ya caliente hasta reblandecerse. Aumentamos la intensidad de la chispa eléctrica: la iridio-platina resplandece con una brillantez casi insoportable á la vista, y al fin, este metal tan infusible ordinariamente, se funde facilmente.

La química de la materia radiante.

Como es de suponer, es sumamente dificil reconocer las diferencias entre una clase de materia radiante y otra, en estos grados tan altos de agotamientos. Las propiedades físicas que hemos dilucidado parecen ser comunes á toda materia en esta baja densidad.

Por más que el gas primitivamente esperimentado sea hidrógeno, ácido carbónico ó aire atmosférico, los fenómenos de fosforescencia, sombras, desviacion magnética, etc., etc., son idénticos, solamente empiezan en diferentes grados de presion. Sin embargo, queda demostrado por otros hechos que en esta baja densidad las moléculas conservan sus características cualidades químicas. Así es, que por la introduccion de absorventes á propósito, del gas resíduo en los tubos, podemos observar que la atraccion química continúa mucho tiempo despues que la atenuacion ha alcanzado el grado mas á propósito para hacer ver los fenómenos que hemos presentado, y por estos medios nos es permitido llevar el enrarecimiento de las vasijas á mayores grados de vacío que los que se pueden obtener por el simple empleo de la bomba.

Trabajando con el vapor de agua podemos emplear anhidrita fosfórica como absorvente; con ácido carbónico la potasa; con el hidrógeno el paladio, y con el oxígeno el carbono, y despues la potasa. El vacío mas elevado y perfecto que hasta hoy se ha obtenido, ha sido el 1—20.000.000ª de una atmósfera, un grado que tal vez puede ser mejor comprendido al decir que llega muy cerca de la centésima parte de una pulgada en una columna barométrica de *tres millas* de altura!

Puede objetarse tal vez, que no es compatible el dar una importancia de primer orden á la presencia de la *materia*, cuando se ha visto que hemos empleado medios estraordinarios, y muchísimo cuidado, para hacer desaparecer la mayor cantidad posible de las vasijas y tubos, y llegar al punto de

no dejar en ellos mas que la millonésima parte de una atmósfera. A su presion ordinaria no es muy densa, y poco tiempo ha que se ha reconocido esta como un átomo en el mundo de la materia.

Cuando al dividirla por un millon, lo que quedaría de la materia sería necesariamente tan infinitesimal que tendríamos razon en despreciarlo, y llamar verdaderamente *vacío* al espacio del cual habia sido enrarecido el aire; sin embargo diríamos que esto sería un gran error que se debe atribuir á nuestra limitada facultad de abrazar y comprender enormes cifras.

Cuando se divide un número por un millon, se cree ordinariamente que el cociente debe ser pequeño; pero puede suceder que el número primitivo sea tan inmenso, que su division por un millon le haga un efecto insignificante.

Segun las autoridades mas competentes, un globo de $13^1/_2$ centímetros de diámetro contiene mas de 1.000.000.000.000.000.000.000.000 (un cuadrillon) de moléculas. Luego si este globo se enrarece hasta la millonésima parte de 1 atmósfera, tendremos siempre un *trillon* de moléculas que quedan en el globo, un número suficiente para justificar que llamemos al resíduo *materia*.

Para dar una idea de lo grande que es esta cifra, vamos á perforar un globo enrarecido con una chispa de la bovina eléctrica. Esta chispa produce un agujero microscópico, pero bastante grande para dejar penetrar las moléculas y destruir el vacío; suponemos que las moléculas son de tal tamaño, que en cada segundo de tiempo pueden entrar cien millones, ¿qué tiempo sería necesario para llenar el globo de $13^1/_2$ centímetros? ¿Una hora? ¿Un dia? ¿Un año? ¿Un siglo? ¡No! ¡Casi una eternidad! Un tiempo tan enorme que ni aun la imaginacion humana puede abrazar la realidad. Suponiendo que este globo fuese indestructible, y que al nacimiento de nuestro sistema solar hubiese sido perforado; suponiendo que hubiese existido en la época en que la tierra no tenia aún forma; suponiendo que se hayan comprobado los cambios sorprendentes desarrollados durante los ciclos de tiempos geológicos, y que se haya visto aparecer la primera criatura viviente, y desa-

parecer el último hombre; suponiendo se pueda sobrevivir al cumplimiento de la prediccion matemática de que el sol—origen de la energía—despues de cuatro millones de siglos, contados desde su creacion, acabaría en cenizas (1). Suponiendo todo esto, y llenándose á razon de cien millones de moléculas por segundo, este pequeño globo habria entonces admitido apenas su cuota completa de un cuadrillon de moléculas!!! (2)

¿Pero qué dirá el lector si se le dice que todas estas moléculas, este cuadrillon entrará por el agujero micoscópico en pocos minutos? El agujero queda sin alteracion, y el número de moléculas sin disminucion. Esta paradoja aparente puede ser esplicada solamente al suponerse otra vez, que el tamaño de las moléculas, se ha disminuido casi infinitamente, de modo que en lugar de entrar á razon de 100 millones por segundo se lancen á razon de casi 300 trillones por segundo! ¡Hemos hecho este cálculo, pero cuando las cifras alcanzan tales proporciones, cesan de tener significacion alguna, y aun estos cálculos serían tan vanos como si intentásemos contar las gotas de agua del Océano!

Al estudiar esta *Cuarta* condicion de la materia, hemos llegado al fin á poner á nuestro alcance, y obedientes á nues-

---

(1) La duracion posible del sol desde su formacion hasta su estincion, ha sido estimada de distintas maneras y por varias personas, de 18 millones de años á 400 millones; para ilustrar la comparacion y cálculo hemos tomado la mayor.

(2) Segun Mr. Fohustone Stoney, un centímetro cúbico de aire contiene mas ó menos 1.000.000.000.000.000.000.000 de moléculas, por consiguiente un globo de 13½ centímetros de diámetro contiene 13.5+0.5236+1.000.000.000.000.000.000.000 ó 1.288.252.350.000.000.000.000.000 moléculas de aire á la presion ordinaria; por consecuencia el globo enrarecido á 1 millonésima parte de 1 atmósfera, contiene 1.288.252.350.000.000.000 moléculas, dejando 1.288.251.061.747.650.000.000.000 moléculas que entrar por la perforacion. A razon de 100 millones por segundo, el tiempo necesario para que todas entrasen sería

12.882.510.617.476.500—segundos, ó
214.708.510.291.275—minutos, ó
3.578.475.171.521—horas, ó
149.013.132.140—dias, ó
408.501.731—años.

tras órdenes, las pequeñas partículas indivisibles que con harta razon se supone constituyen la base física del Universo.

Hemos visto que en algunas de sus propiedades la *materia radiante* es tan *material* como cualquier objeto palpable, mientras que en otras asume casi el carácter de la *energía radiante*.

Hemos llegado ya á ese «límite fronterizo,» donde «*La Materia*» y «*La Fuerza*,» parecen confundirse una con la otra en ese reino sombrío entre lo «*conocido*» y lo «*desconocido*» que para nosotros ha tenido siempre grandes atractivos. Tenemos y abrigamos la opinion de que los problemas científicos más importantes del porvenir hallarán en él la solucion y tal vez más allá. Aquí yacen «*realidades ulteriores*,» sutiles, asombrosas y de gran trascendencia.

VARIEDADES.

Organizacion del servicio meteorológico en Filipinas.—El dia 14 de Setiembre del año de gracia de 1880, señalan los fastos de la historia de Filipinas una fecha memorable. A las nueve de la mañana, reuníanse en una humilde casa de la calzada de Sampaloc los Sres. Gobernador civil de Manila, Inspectores de obras públicas y Telégrafos, R. P. Provincial de la orden de S. Agustin, R. P. Faura, de la Compañia de Jesus, Capitan de puerto D. Alejandro de Churruca, y D. Felipe Canga Argüelles, Capitan de fragata de la Armada, ocupando la Presidencia el Excmo. Sr. Comandante general de Marina de este apostadero.

Nuestros lectores comprenderán que reunion de sujetos tan respetables, no era efecto de una mera casualidad, sino por el contrario, consecuencia de un acto deliberado, que revestia los accidentes de un hecho trascendental y de importancia. Efectivamente, á la iniciativa del Sr. Gobernador general Marqués de Estella, secundado por el digno General de marina Sr. Rodrlguez de Arias, y á propuesta del activo é inteligente Sr. Morava, Director de la administracion civil, se debia la reunion de aquella Junta, encargada de estudiar y redactar un proyecto para la organizacion y desarrollo del servicio meteorológico en el Archipiélago.

Si hasta hoy, por razones que no es del caso mencionar, oficialmente no se habia dado paso en esta via de verdadero progreso, la iniciativa de unos humildes sacerdotes, soldados de la Compañía de Jesus, habia montado hace ya algunos años, al amparo del Ateneo municipal, un pequeño Observatorio, cuyos curiosos é interesantes trabajos publicaban con general aplauso, sirviendo de honroso y nacional contingente con que se enriquecia este nuevo ramo del saber humano.

Las interesantes noticias que diariamente publica el Observatorio del Ateneo municipal, dando cuenta de los movimientos y afecciones atmosféricas, han adquirido una notable importancia desde que el cable ha unido á Manila con la vecina colonia inglesa de Hong-Kong, en términos que los que hasta hace poco tiempo nos juzgaban con notoria injusticia, son los primeros que, subyugados por la verdad, rinden merecido homenaje de respeto al sabio cuanto modesto Director del Observatorio de Manila, que con sus perseverantes desvelos, y auxiliado por algunas estaciones secundarias creadas por la iniciativa del Inspector de Telégrafos D. José Batlle, permiten anunciar á Hong-Kong, con mas de dos dias de anticipacion, la formacion de los temporales ciclónicos que con furia terrible van á desfogar sobre las costas de China.

La instalacion del nuevo Observatorio nacional disponiendo de los elementos necesarios, lo colocará inmediatamente entre los primeros de su género, haciendo por este medio que Filipinas ocupe un puesto honroso y distinguido entre los pueblos que con mas afan se consagran al estudio de las ciencias.

El Observatorio nacional no solo se ocupará de su preferente y fundamental instituto, sino que tambien proseguirá el no menos interesante de as ondas sísmicas, estudio que con tanto celo como abnegacion ha hecho y seguirá practicando su entendido Director.

Acerca de las ventajas que puede reportar este servicio meteorológico, copiaremos de una carta dirigida recientemente al *Dally Presse* de Hong-Kong, por M. Talbot, Capitan inglés del vapor Esmeralda, con motivo de las quejas que dirige á las autoridades de la colonia de su pais por no haber publicado oportunamente el telégrama espedido desde Manila por el Director del Observatorio, anunciando la formacion de un huracan que marchaba sobre las costas de China. Dice así el Sr. Talbot.

«Si hubiese tenido noticia del telégrama de Manila, no habria salido á la mar, evitando de este modo á mis pasajeros el mal rato que han sufrido, del cual nunca podrán olvidarse, economizando al propio tiempo escesivos gastos al vapor.

»Para los buques que salen de Hong-Kong durante la época de huracanes, así como para los habitantes de esta colonia, tienen gran importancia los telégramas meteorológicos de Manila.

»Aprovecho esta oportunidad para dar las gracias al Director del Observatorio de Manila por el beneficio que hubiéramos obtenido de conocerse con oportunidad su telégrama, y confio que en lo sucesivo sus avisos serán atendidos y apreciados como se merecen y su importancia requiere.»

(De la *Revista general de Marina.*)

31 MAR 1886

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

El determinismo y la libertad moral. (*Conclusion*)..... 257

CIENCIAS FISICAS.

Análisis cuantitativa de algunas ligas metálicas. (*Conclusion*)..... 277

Memoria sobre la Materia Radiante. (*Conclusion*)..... 310

Variedades..... 323

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.° 6.°

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1882.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

	Rústica.
Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales: tomo 1.°—Ciencias naturales.	50 rs.
Id. id.: tomo 2.°, partes 1.ª y 2.ª—Ciencias exactas, cada parte	20
Id. id.: tomo 3.°—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 4.°—Ciencias naturales.	50
Id. id.: tomo 5.°, parte 1.ª—Ciencias naturales.	20
Id. id.: tomo 6.°—Ciencias físicas.	50
Id. id.: tomo 7.°—Ciencias exactas.	50
Id. id.: tomo 8.°—Ciencias naturales.	50
Id. id.: tomo 9.°.	50
Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales: 20 tomos, cada uno.	24
Por suscricion en Madrid, 3 rs. número: un año.	24
Id. en provincias, 4 id. id.	30
Id. en el extranjero, un año.	36

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomo encartonados, á 100 rs. cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

GEODESIA.

NOTICIA

de los primeros experimentos hechos en España con el péndulo de inversion, que determinan un valor para la intensidad de la fuerza de gravedad en Madrid; por Don Joaquin Barraquer y Rovira, Académico de número.

Desde que por el año de 1877 el *Instituto geográfico y estadístico* confió á mi cuidado las investigaciones geodésicas con el péndulo, he llevado á efecto, como estudio preliminar para el establecimiento en España de tan importantes trabajos, una determinacion absoluta de la intensidad de la fuerza de gravedad en Madrid, empleando el moderno aparato de péndulo de inversion. Y porque me lisonjeo de que mis «Primeros experimentos» pueden alcanzar algun interés, siquiera por ser los únicos en su género realizados en nuestro país, cúmpleme adelantar esta breve *Noticia*, miéntras se prepara la publicación por extenso.

I.—Aparatos é instrumentos.—Plan general del trabajo.—Instalacion.

Los principales aparatos é instrumentos empleados, fueron:

Gran péndulo de inversion, de los Sres. Repsold.

Construido con arreglo á las prescripciones fundamentales de Bessel; cuchillos y plano de suspension, de acero; la

duracion de la oscilacion es, en ambas recíprocas suspensiones, de un segundo muy aproximadamente. El aparato no difiere, en lo esencial, de otros ejemplares que, procedentes últimamente de los mismos talleres, se encuentran descritos en conocidas publicaciones extranjeras.

Reloj normal, del Sr. Dent.

De péndola y compensacion de mercurio. Es semejante en un todo al que existe en el Observatorio astronómico de Madrid.

Aparato cronográfico, del Sr. Hipp.

Compuesto del cronógrafo, propiamente dicho, y de un reloj auxiliar. En la cinta de papel, y obedeciendo á las acciones de respectivos electróimanes, mediante la pila de Meidinger, se marcaban automáticamente con la una pluma, intérvalos de tiempo correspondientes á cada dos oscilaciones cabales de la péndola del reloj auxiliar; esto es, de un segundo con mucha aproximacion; y con la otra pluma, las señales instantáneas á voluntad. El motor del reloj auxiliar era asimismo eléctrico.

Pequeño aparato de reflexion.

Destinado á valorar la influencia que se produce en el resultado teórico por el movimiento oscilatorio del sosten, simultáneo y transmitido por el del péndulo. Salvo algun ligero perfeccionamiento, es igual al que empleó en Suiza el Señor Plantamour.

Termómetros, Barómetro, Anteojos, etc.

Las diversas operaciones que componen este trabajo fueron dirigidas de concierto para obtener, segun la teoría del moderno péndulo de inversion, la longitud del matemático, por la observacion de los correlativos elementos de cálculo:

A') Distancia entre los ejes de suspension,

B') Duracion de la oscilacion isócrona, en ambas recíprocas suspensiones,

y el secundario, tocante á la precision requerida,

C') Situacion del centro de gravedad del péndulo.

He de distinguir para la ordenada Reseña que aquí me propongo:

Las *Séries* (Operaciones en). Dan á conocer estos correla-

tivos elementos; pero con dependencia de *constantes*, propias de los aparatos y procedimientos.

Las *Operaciones complementarias*, que, hechas por separado, asignan valores á las constantes, y propenden así á reducir el resultado total al que se conseguiría en las condiciones teóricas de observacion.

Con este criterio se forma el

CUADRO GENERAL DE LAS OPERACIONES.

Séries.

(De ellas se derivan, á las temperaturas de los experimentos.)

A) La distancia entre los filos de los cuchillos, expresada en partes de la longitud de la regla, ocupando ésta la posicion vertical y apoyada.

B) Las duraciones de la oscilacion isócrona, en las suspensiones recíprocas, contadas en tiempo del reloj normal, y

C) La situacion del centro de gravedad del péndulo, respecto de los filos de los cuchillos.

Operaciones complementarias.

(Se refieren á)

a) Las constantes termométricas.

b) La longitud absoluta del metro de la regla, colocada ésta horizontalmente.

c) El acortamiento que experimenta esta longitud por el propio peso de la regla, al ser observada en el aparato,

d) La marcha del reloj normal, y

e) La no perfecta inmovilidad relativa del eje de suspension cuando oscila el péndulo.

Dispuse la instalacion de los aparatos é instrumentos en una sala del piso bajo del edificio que ocupa el *Instituto*. Este local reunia condiciones aceptables para mi objeto: de suficiente capacidad, no fué difícil de conseguir durante los experimentos, utilizando exclusivamente la luz natural que pe-

netraba por una sola ventana, provista de marcos de cristales y algo elevada sobre el piso de la calle, que las variaciones de temperatura tuviesen lugar con suma lentitud; y atendiendo á la contingencia de movimientos trepidatorios originados en el exterior, no sólo establecí el aparato de péndulo aislado en lo posible del edificio, mas tambien me propuse efectuar las observaciones en que tales movimientos hubieran influido de una manera considerable, durante las horas en que, de ordinario, era muy poco frecuente el tránsito de carruajes por las inmediatas vias públicas.

II.—De las Séries.

Las operaciones en Série se ordenaron con sujecion al

PROGRAMA.

C) Centro de gravedad.

Modo de suspension (*) H.F. { *A*) Distancia entre los cuchillos. *B*) Duracion de la oscilacion. *A*) Distancia entre los cuchillos.

F.H. { *A*) *B*) *A*)

F.M. { *A*) *B*) *A*)

M.F. { *A*) *B*) *A*)

C)

(*) En cada una de las recíprocas suspensiones del péndulo, bien del cuchillo más próximo al disco hueco (suspension H), ó del inmediato al macizo (suspension *M*), se distinguen los dos *Modos* por la colocacion de la inicial *F*, segun que la firma del constructor, grabada en el péndulo, estaba de frente ó á la espalda, respecto del observador.

Para proceder á las operaciones de cada série, estaba puesto en estacion el aparato de péndulo sobre un sólido pilar de sillería y ladrillo, asentado por debajo del piso de los sótanos; dos excelentes termómetros del Sr. Baudin, suspendidos del aparato entre el péndulo y la regla, se destinaron, en union del metálico de ésta, al conocimiento de la temperatura de uno y otra; sobre una firme repisa descansaba el aparato especial, anejo al de péndulo, para hallar la situacion del centro de gravedad; el reloj normal, perfectamente fijo al grueso muro paralelo al de fachada; dispuesto al aparato cronográfico; y el barómetro en el local. A dos metros próximamente del centro del pilar, y en la direccion perpendicular al plano de oscilacion, coloqué dos anteojos fijos, de manera que desde este mismo sitio se podian observar, con el uno, el movimiento oscilatorio del péndulo, y el de la péndola del reloj normal con el otro.

Desde el 9 al 16 de Mayo de 1877 completé cuatro séries.

A) Distancia entre los cuchillos.

La comparacion de la distancia entre los filos de los cuchillos con el intérvalo comprendido en la regla por los trazos elegidos 0^m y 1^m se hacia, en cada modo de suspension, ántes y despues de observar la duracion de la oscilacion, en el órden alternativo que indica el *Programa* anterior. Una vez preparado el aparato, el péndulo vertical, fijo pero suspendido, la regla tambien vertical, y asegurada la invariabilidad respectiva de los microscopios del comparador, se esperaba que transcurriese el tiempo necesario para garantir la uniformidad de temperatura en la masa del péndulo, regla y termómetros de mercurio; efectuando luégo las observaciones de una comparacion con arreglo al

PROGRAMA.

Temperatura....	Observaciones con los termómetros de mercurio y metálico de la regla.

Observaciones micrométricas. { Péndulo... 4 punterías sobre cada uno de los cuchillos (oscuros ó iluminados.) / Regla..... 4 id. sobre los trazos 0^{m}. y 1^{m}. / Péndulo... 4 id. sobre los cuchillos (oscuros ó iluminados.

Temperatura... { Observaciones con el termómetro metálico y los de mercurio.

Se estudiaban, además, por numerosas observaciones sobre tres trazos consecutivos en cada extremo de la regla, las equivalencias lineales de las vueltas micrométricas.

Los resultados inmediatos de las 32 comparaciones, ó sean los valores de la distancia entre los cuchillos (*Péndulo*) en unidades del metro de la regla (*Regla*), á las temperaturas de observacion, obtenidos en el total de las cuatro séries, combinando alternativamente los modos de suspension con las posiciones de la regla y con la iluminacion de los cuchillos, relativamente oscuros (*o*), ó vivamente iluminados (*i*), se encuentran resumidos en el siguiente

Cuadro A.

SERIES.	PÉNDULO. Modos de suspension.	PÉNDULO. Cuchillos.	REGLA. — Trazo 0^m.	PENDULO-REGLA.	Temperatura comun.
				dmm	G
I	H.F	*o*	abajo.	—2,2237	15,17
		i		2078	15,11
	F.H	*i*		2333	14,61
		o		1775	14,74
	F.M	*i*		1728	14,51
		o		1627	14,71
	M.F	*o*		1815	14,67
		i		2257	14,88
II	H.F	*o*	arriba.	—2,1513	15,35
		i		1812	15,50
	F.H	*i*		1911	15,60
		o		1540	15,68
	F.M	*i*		2094	16,21
		o		1920	16,32
	M.F	*o*		2278	16,74
		i		2585	16,85
III	H.F	*o*	abajo.	—2,2016	16,43
		i		2028	16,62
	F.H	*i*		2378	17,36
		o		2047	17,45
	F.M	*i*		2256	17,58
		o		1817	17,78
	M.F	*o*		2290	18,07
		i		2258	18,20
IV	H.F	*o*	arriba.	—2,2111	18 05
		i		2325	18,19
	F.H	*i*		2539	18,84
		o		2155	18,85
	F.M	*i*		2205	18,59
		o		2178	18,75
	M.F	*o*		2533	19,36
		i		2620	19,31

B) Duracion de la oscilacion.

Adopté para hallar en cada modo de suspension este elemento de cálculo el siguiente

PROGRAMA (*)

1) Temperatura y presion atmosférica.
2) Paralaje de las plumas cronográficas.

m	m	s	
0			3) Amplitud de la oscilacion.
1 á	1	50	4) Comparaciones de los tiempos normal y cronográfico.
2 á	3	40	5) Observaciones de pasos del péndulo por la vertical (alternados.)
5			3)
10			3)
11 á	11	50	4)
12 á	13	40	5)
15			3)
20			3)
25			3)
30			3)
31 á	31	50	4)
32 á	33	40	5)
35			3)
40			3)
41 á	41	50	4)
42 á	43	40	5)
45			3)

2)
1)

(*) Este programa se cumplió estrictamente en las séries I y II; en las III y IV se introdujo la ligera variacion de distribuir por partes iguales las «Comparaciones de los tiempos,» ántes y despues de las respectivas «Observaciones de pasos.»

Indicaré con brevedad los procedimientos, en las distintas observaciones:

1) *Temperatura y presion atmosférica.*—De la misma manera que en la «distancia entre los cuchillos» se observaba la temperatura con el termómetro metálico de la regla y los de mercurio; la presion, con el barómetro inmediato.

2) *Paralaje de las plumas cronográficas.*—Puesto en marcha el cronógrafo, y obrando los electroimanes simultáneamente sobre las armaduras de las dos plumas, mediante la accion de una sola corriente eléctrica, se obtenian en la cinta dobles señales que, correspondientes á los mismos instantes, hacía automáticamente el reloj auxiliar. Un reducido número de señales al principio y final, bastaron para apreciar la paralaje y su variacion.

3) *Amplitudes de oscilacion.*—Libremente suspendido el péndulo, y separado de la posicion de equilibrio con la anticipacion, y en la amplitud á propósito para que al terminar la observacion de «Paralaje,» se hubiese ya regularizado el movimiento oscilatorio, y al par se aproximara la amplitud á la préviamente elegida, segun la suspension, para que en todos los *Modos* resultara, con cortas diferencias, un mismo valor medio en el total intérvalo de tiempo de oscilacion, se observaban cada cinco minutos, valiéndose del anteojo á distancias, las desviaciones angulares del extremo inferior del péndulo, á uno y otro lado de la vertical.

4) *Comparacion de los tiempos normal y cronográfico.* — Registrando en la cinta cronográfica los instantes de paso por la vertical de la péndola del reloj normal, con auxilio del anteojo, se tenia la diferencia entre indicaciones simultáneas de ambos relojes, la cual se utilizaba exclusivamente para referir á tiempo normal los «pasos del péndulo,» inmediatamente observados. De esta manera quedaba eliminada casi por completo la marcha del reloj auxiliar.

5) *Instantes de los pasos del péndulo por la vertical.*—Con arreglo al *Programa* se debia deducir la duracion de la oscilacion, determinando los cuatro instantes que, á contar del primero, comprenden respectivamente los intérvalos de tiempo en que se verificasen 600, 1800 y 2400 oscilaciones. Cada

instante resultaba por medio de cincuenta señales cronográficas, observando los pasos alternados del péndulo por la vertical; en las séries I y III registré pasos impares; es decir, de izquierda á derecha, y pares en las II y IV.

Resultados inmediatos.

En el cuadro *B* que sigue, están contenidos los resultados que desde luégo se derivan de todas las observaciones de duracion: los instantes de los pasos, expresados en tiempo normal, de los respectivos datos obtenidos en las 2), 4), y 5); calculada la ley de decrecimiento de amplitud, en cada una de las dos recíprocas suspensiones, con las séries de amplitudes observadas (3)), se conocen las amplitudes medias más probables en cada intérvalo, á contar del primer instante: y la temperatura y presion resultan de los promedios de las dos observaciones (1)), que son aplicables á todas las de duracion comprendidas.

Cuadro B.

Séries.	Modos de suspension.	Número de oscilaciones.	Instantes de los pasos. (tiempo normal.) h m s	Amplitudes medias de oscilacion.	Temperaturas.	Presion atmosférica.
				'		
I.	H.F	0	0 0 0			
		600	10 3,745	62,6	G	mm
		1800	30 11,244	55,3	15,07	701,5
		2400	40 14,972	52,1		
	F.H	0	0 0 0			
		600	10 3,728	63,4		
		1800	30 11,211	56,0	14,32	701,5
		2400	40 14,921	52,8		
	F.M	0	0 0 0			
		600	10 3,850	84,5		
		1800	30 11,471	63,2	14,82	699,0
		2400	40 15,287	56,0		
	M.F	0	0 0 0			
		600	10 3,844	81,6		
		1800	30 11,456	61,2	14,38	702,0
		2400	40 15,253	54,3		
II.	H.F	0	0 0 0			
		600	10 3,760	65,1		
		1800	30 11,264	57,5	15,62	708,7
		2400	40 14,986	54,2		
	F.H	0	0 0 0			
		600	10 3,767	61,0		
		1800	30 11,253	53,9	15,20	708,5
		2400	40 14,979	50,8		
	F.M	0	0 0 0			
		600	10 3,804	78,8		
		1800	30 11,438	59,3	16,41	707,5
		2400	40 15,286	52,6		
	M.F	0	0 0 0			
		600	10 3,837	78,8		
		1800	30 11,511	59,3	16,56	705,2
		2400	40 15,336	52,6		

Cuadro B (*Continuacion.*)

Séries.	Modos de suspension...	Número de oscilaciones.	Instantes de los pasos. (tiempo normal.) h m s	Amplitudes medias de oscilacion.	Temperaturas.	Presion atmosférica.
III.	H.F	0	0 0 0			
		600	10 3,751	64,2	G	mm
		1800	30 11,226	56,7	16,79	704,0
		2400	40 14,980	53.5		
	F.H	0	0 0 0			
		600	10 3,745	63,4		
		1800	30 11,252	56,0	17,14	703,5
		2400	40 14,996	52,8		
	F.M	0	0 0 0			
		600	10 3,837	73,6		
		1800	30 11,503	55,7	18,11	709,5
		2400	40 15.364	49,5		
	M.F	0	0 0 0			
		600	10 3,832	76,2		
		1800	30 11,477	57,4	17,80	707,5
		2400	40 15,329	51,0		
IV.	H.F	0	0 0 0			
		600	10 3,753	64,2		
		1800	30 11,293	56,7	18,41	709,0
		2400	40 15,018	53,5		
	F.H	0	0 0 0			
		600	10 3,735	63,4		
		1800	30 11,282	56,0	18,70	708,2
		2400	40 15,053	52,8		
	F.M	0	0 0 0			
		600	10 3,817	78,8		
		1800	30 11,511	59,3	18,99	706,7
		2400	40 15,338	52,6		
	M.F	0	0 0 0			
		600	10 3,849	78,8		
		1800	30 11,550	59,3	19,27	706,2
		2400	40 15,400	52,6		

C) Centro de gravedad del péndulo.

Cada operacion, ántes y despues de las demas de la série, consistia en dos determinaciones, empleando el aparato especial anejo al de péndulo. Con un valor aproximado de la distancia entre los cuchillos, se calcularon los resultados por séries, que constan en el

Cuadro C.

Séries.	DISTANCIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL		
	Centro de figura.	Cuchillo *M*.	Cuchillo *H*.
	mm	mm	mm
I	201,729	298,266	701,724
II	760	235	755
III	754	241	749
IV	775	220	770

III.—De las operaciones complementarias.

a) *Constantes termométricas.*

El estudio de las constantes de los termómetros de mercurio se hizo por medio del tipo construido por el Sr. Fastré, número 683, subdividido en partes de igual capacidad (*), cotejando las indicaciones de unos y otro, sumergidos todos en hielo fundente, y luégo en un baño de agua, á muy distintas temperaturas.

(*) Experiencias hechas con el aparato de medir bases, perteneciente á la Comision del Mapa de España. Apéndice, núm. 3.

Del total de observaciones con los termómetros de mercurio hechas durante este trabajo simultáneamente con las del metálico de la regla del péndulo, se dedujo el valor absoluto de una indicacion de éste á la temperatura promedio de las acusadas por aquéllos, resultando que:

A $16^{G},743$, era la *situacion del trazo* 0^{m} *respecto de la subdivision termométrica*..... $8^{dmm},5948$;

y por especiales experimentos obtuve despues (*)

Variacion de la situacion del trazo 0^{m} *por cada grado centesimal*..... $0^{dmm},1608$

Las temperaturas indicadas por el termómetro metálico, segun estas constantes, se han aplicado al cálculo de las operaciones **A)** y **B)**.

b) *Ecuacion de la regla del péndulo.*

La ecuacion de la regla está fundada en comparaciones de su longitud con la conocida de la regla de platino, de 4 metros, que sirve de tipo lineal para los trabajos geodésicos de España. De la operacion ya publicada se infiere que, partiendo de la regla de Borda, núm. 1, el valor lineal del metro de la regla del péndulo, colocada en posicion horizontal y apoyada en toda su longitud, se expresa en funcion de su temperatura T, por la fórmula (**).

$$M'_T = 1^{m},00011288\,(1 + 0,000018581\,(T - 11,522)) + \sqrt{(0^{m},00000028)^2 + (0^{m},000000049\,(T - 11,522))^2}.$$

c) *Acortamiento de la regla por su propio peso.*

Medí este efecto de índole constante, comparando en el aparato de péndulo las longitudes del metro de la regla en los casos de estar verticalmente suspendida por su extremo su-

(*) Estudios experimentales en que se funda la ecuacion del metro de platino, definido por trazos, de la Comision permanente de Pesas y Medidas; págs. 12 y siguientes.

(**) Estudios experimentales, etc., pág. 92.

perior, ó apoyada por el inferior. Un contrapeso que, por intermedio de un cordon, pasando por poleas aisladas del aparato, obraba á voluntad en direccion vertical, me facilitó la rapidez de las observaciones, las cuales hice ordenadamente para que el resultado quedase exento de las muy pequeñas variaciones de temperatura.

En cuatro dias, del 12 al 15 de Junio de 1877, efectué las 64 determinaciones parciales, cuyos resultados presenta el siguiente *Cuadro c*, distribuidas por mitad en las dos posiciones que habia tenido la regla en las *Séries;* es decir, con el extremo inmediato al trazo 0^m en la parte inferior ó en la superior.

Cuadro c.

TRAZO 0^m . . ABAJO.				TRAZO 0^m . . ARRIBA.			
Determinaciones.	Suspendida.—Apoyada.	Determinaciones.	Suspendida.—Apoyada.	Determinaciones.	Suspendida.—Apoyada.	Determinaciones.	Suspendida.—Apoyada.
	dmm		dmm		dmm		dmm
1	—0,0013	17	+0,0128	1	+0,0212	17	+0,0190
2	+ 048	18	+ 045	2	+ 289	18	+ 220
3	+ 090	19	+ 217	3	+ 063	19	+ 067
4	+ 096	20	+ 221	4	+ 227	20	+ 132
5	+ 079	21	+ 084	5	+ 095	21	+ 075
6	+ 144	22	+ 192	6	+ 142	22	+ 161
7	+ 031	23	+ 202	7	+ 150	23	+ 101
8	+ 104	24	+ 148	8	+ 144	24	+ 096
9	+ 138	25	+ 144	9	+ 135	25	+ 005
10	+ 156	26	+ 152	10	+ 066	26	+ 085
11	+ 250	27	— 016	11	+ 150	27	+ 049
12	+ 022	28	+ 029	12	— 005	28	+ 174
13	+ 073	29	+ 126	13	+ 036	29	+ 114
14	+ 089	30	+ 219	14	+ 135	30	+ 111
15	+ 184	31	+ 168	15	+ 088	31	+ 175
16	+ 093	32	+ 040	16	+ 193	32	+ 087

En inteligencia de que fueron iguales las resistencias que oponia la masa de la regla á la compresion y extension, y con los resultados inscritos en el *Cuadro* que antecede, que dan el valor mas probable de la diferencia entre las longitudes de la regla.

Suspendida.—Apoyada..... $= 0^{dmm},0119 \pm 0,0006$

se halla, teniendo en cuenta la disposicion y peso de las distintas partes de la regla.

Cuando el trazo 0^m... abajo... Acortamiento $= 0^{dmm},0032$

» » arriba... » $= 0,0087$

con errores probables insignificantes.

d) *Marcha del reloj normal.*

Aseguradas con antelacion las excelentes condiciones de marcha del reloj normal del Instituto, se comparó especialmente con el del Observatorio astronómico, durante los dias en que hice las operaciones en *série*, por medio de cronómetros arreglados á tiempo medio, que se transportaban con precaucion de uno á otro Establecimiento. Los *Estados* de ambos relojes, para la reduccion de la duracion de la oscilaciones, constan en el siguiente

Cuadro d.

Fechas.	ESTADOS DE LOS RELOJES NORMALES (Á $0.^h$ DE TIEMPO MEDIO).	
	del Observatorio astronómico (*).	del Instituto geográfico.
1877 Mayo 8	$+ 0^m16^s,12$	$- 27^m51^s,24$
9	16,35	29,49
11	16,79	26 45,95
12	17,01	24,15
13	17,35	2,13
14	17,68	25 40,33
16	18,40	24 56,64
17	18,78	34,45

(*) Comunicados oficialmente.

e) *Influencia del movimiento oscilatorio del plano de suspension simultáneo y producido por el del péndulo.*

En el aparato de Repsold, el plano de suspension participa del movimiento oscilatorio del péndulo ciertamente en cantidades muy pequeñas en sí; pero es de tanta transcendencia este fenómeno, que se hacia indispensable estudiarlo con extraordinario esmero.

Con el fin de calcular la correccion que por este concepto debia sufrir la longitud del péndulo matemático que resultara de las demas operaciones, dirigí la actual á determinar la *constante del balance;* esto es, la desviacion que experimenta el eje de suspension respecto del lugar que ocupa cuando el péndulo está en reposo, por un pequeño esfuerzo horizontal y perpendicular á la direccion de este eje, equivalente al peso elegido como unidad.

Renunciando al experimento estático, procuré medir con extremada precision, en las mismas circunstancias en que se hicieron las *séries*, las desviaciones del eje ocasionadas durante el movimiento oscilatorio del péndulo, pero no apreciándolas en sus magnitudes reales, sino muy aumentadas (3.000 veces próximamente), valiéndome del pequeño aparato ya empleado con análogo objeto por el Sr. Plantamour en Ginebra (*), y que responde al principio ya utilizado por el insigne Gauss. Transmitidos los movimientos del plano de suspension por intermedio de una finísima punta de acero á un espejo plano giratorio alrededor de un eje inmóvil, se manifestaban amplificados á voluntad en los aparentes de las imágenes de objetos fijos, reflejadas por el espejo.

En el transcurso de diez dias, del 5 al 19 de Junio de 1880, llevé á término la operacion. Los numerosos datos obtenidos oscilando el péndulo en una ú otra de las recíprocas suspensiones, asignan, con mútua independencia, los valores siguien-

(*) Recherches expérimentales sur le mouvement simultané d'un pendule et de ses supports.

tes á la constante del balance, referidos á un esfuerzo equivalente á dos centésimas partes del peso total del péndulo.

$$\text{En la suspension } H.... \begin{cases} 4^{\mu},647 \pm 0,011 \\ 4,690 \pm 0,028 \end{cases}$$

$$M.... \begin{cases} 4,571 \pm 0,030 \\ 4,593 \pm 0,033 \end{cases}$$

los cuales, combinados, conducen por las usuales fórmulas (*) á la correccion *positiva* en la longitud calculada del péndulo de segundos

$$0^{m},0002296 \pm 0,0000009.$$

IV.—Intensidad de la gravedad en Madrid.

De las operaciones parciales que quedan apuntadas, se deducen los correlativos elementos para calcular la longitud del péndulo matemático, como sigue:

A') *Valor absoluto de la distancia entre los cuchillos.* Refiriendo los resultados del *Cuadro A* á la temperatura de $16^{c},752$, promedio de las observadas, y en vista de las constantes que proceden de las operaciones *b*) y *c*), se tiene este valor absoluto, aplicable al cálculo del resultado total, que es

$$(A')... \quad 0^{m},99998846 \pm 0,00000059$$

B') *Duracion en tiempo sidéreo de una oscilacion isócrona, en ambas recíprocas suspensiones.*

A partir de las cifras estampadas en los *Cuadros B* y *d*, se forma el siguiente *B'*. Corrigiendo individualmente los relativos instantes de los *Pasos* en tiempo normal por amplitud, temperatura y tiempo, se deducen los «instantes de los pasos (*reducidos*)», los cuales, en cada modo de suspension, sirven para llegar, aplicando el método de los mínimos cuadrados á la duracion más probable del intérvalo de 600 oscilaciones, y por tanto á la duracion en tiempo sidéreo de una oscilacion isócrona, á la temperatura de $16^{c},752$, y á las presiones atmosféricas observadas. (Cuadro *B*.)

(*) De l'influence de la flexibilité du trépied sur l'oscillation du pendule à revérsion, par Mr. Peirce, du Coast Survey, U. S. A.

Cuadro B'.

SERIES.	MODOS de suspension.	PASOS.	INSTANTES de los pasos (*Reducidos.*)	DURACION del intérvalo de 600 oscilaciones. (*t. s.*)	DURACION de una oscilacion. (*t. s.*)
			s		
I	H.F	1	0		
		2	603,89364	s	s
		3	1811,69774	603,89662 ± 0,00151	1,0064944 ± 0,0000025
		4	2415,58107		
	F.H	1	0		
		2	603,88049		
		3	1811,67662	603,88880 ± 0,00237	1,0064813 ± 0,0000039
		4	2415,54592		
	F.M	1	0		
		2	603,98957		
		3	1811,91758	603,97127 ± 0,00206	1,0066188 ± 0.0000034
		4	2415,89235		
	M.F	1	0		
		2	603,98755		
		3	1811,91252	603,96667 ± 0,00242	1.0066111 ± 0.0000040
		4	2415,87086		

Cuadro B'. (*Continuacion.*)

SERIES.	MODOS de suspension.	PASOS.	INSTANTES de los pasos (*Reducidos.*)	DURACION del intérvalo de 600 oscilaciones. (*t.* s.)	DURACION de una oscilacion. (*t.* s.)
			s		
II	H.F	1	0		
		2	603,90454	s	s
		3	1811,70612	603,89613 ± 0,00258	1,0064935 ± 0,0000043
		4	2415,57984		
	F.H	1	0		
		2	603,91577		
		3	1811,70690	603,89672 ± 0,00263	1,0064945 ± 0,0000044
		4	2415,58805		
	F.M	1	0		
		2	603,93784		
		3	1811,86361	603,96497 ± 0,00459	1,0066083 ± 0,0000076
		4	2415,86195		
	M.F	1	0		
		2	603,97152		
		3	1811,93864	603,97964 ± 0,00099	1,0066327 ± 0,0000016
		4	2415,91463		

Cuadro B'. (*Continuacion.*)

SERIES.	MODOS de suspension.	PASOS.	INSTANTES de los pasos (*Reducidos.*)	DURACION del intérvalo de 600 oscilaciones. (*t. s.*)	DURACION de una oscilacion. (*t. s.*)
			s		
III	H.F	1	0		
		2	603,89103	s	s
		3	1811,65459	603,88752 ± 0,00157	1,0064792 ± 0,0000026
		4	2415,55580		
	F.H	1	0		
		2	603,88191		
		3	1811,67090	603,89062 ± 0,00102	1,0064844 ± 0,0000017
		4	2415,55863		
	F.M	1	0		
		2	603,96415		
		3	1811,90509	603,97562 ± 0,00314	1,0066260 ± 0,0000052
		4	2415.90761		
	M.F	1	0		
		2	603,95962		
		3	1811,88213	603,96768 ± 0,00308	1,0066128 ± 0,0000051
		4	2415,87714		

Cuadro B'. (*Continuacion.*)

SERIES.	MODOS de suspension.	PASOS.	INSTANTES de los pasos (*Reducidos.*)	DURACION del intérvalo de 600 oscilaciones. (*t. s.*)	DURACION de una oscilacion. (*t. s.*)
			s		
IV	H.F	1	0		
		2	603,88268	s	s
		3	1811,69055	603,89127 ± 0,00340	1,0064854 ± 0,0000057
		4	2415,55240		
	F.H	1	0		
		2	603,86340		
		3	1811,67538	603,89752 ± 0,00381	1,0064959 ± 0,0000063
		4	2415,58161		
	F.M	1	0		
		2	603,93902		
		3	1811,90118	603,96956 ± 0,00340	1,0066159 ± 0.0000057
		4	2415,86670		
	M.F	1	0		
		2	603.96946		
		3	1811,93548	603,98109 ± 0,00140	1,0066351 ± 0,0000023
		4	2415,92242		

C') *Situacion del centro de gravedad del péndulo.*

Porque no hay inconveniente en considerar para el resultado total, que permaneció invariable esta *situacion* en el intérvalo de las operaciones en *série*, y atendiendo al carácter secundario, respecto de la precision requerida, de este elemento, es lícito que sirvan como constantes exactas los siguientes promedios de los valores obtenidos (Cuadro *C*):

$$(C')\begin{cases}\text{Distancia del centro de gravedad al de figura.....} & 0^{m},20175\\ \text{al cuchillo } M... & 0,\ 29824\\ \text{al cuchillo } H... & 0,\ 70175\end{cases}$$

Resultado total de los experimentos.

Satisfechos en este trabajo los requisitos que exige la aplicacion de las fórmulas fundamentales, resultan con los elementos (*A'*), (*C'*) y cada uno de los valores de duracion de una oscilacion, del *Cuadro* B' las

Longitudes del péndulo matemático que hace una oscilacion cabal en un segundo (t. s.) *y en el vacío* (*)

Séries.	Suspension *H.*	Suspension *M.*
	m	m
I	0,9873159	0,9873296
	416	3447
II	176	3502
	157	3024
III	457	3155
	355	3414
IV	335	3353
	129	2977

(*) Prescindiendo de la correccion debida al *balance* del sostén.

y de la combinacion de estos resultados parciales como independientes entre sí y de igual precision, se obtiene, por último, el total referido como de costumbre al tiempo medio, y corregido en virtud del balance, (e))

LONGITUD DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (*l. m.*) EN EL VACÍO.

$$0^m,9929706 \pm 0,0000028$$

y por consiguiente para la

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE GRAVEDAD EN MADRID

(en el piso bajo del edificio que ocupa el Instituto geográfico y estadístico, calle de Jorge Juan, 8)

$$9^m,80023 \pm 0,00003$$

OBSERVACIONES MERIDIANAS DEL COMETA *b* DE 1881,

hechas en el Observatorio de Madrid, y órbita parabólica más probable del mismo, deducida de dichas observaciones.

Este cometa, cuya reciente aparicion ha suscitado alguna controversia por la semejanza de su órbita con la del gran cometa de 1807, calculada por el ilustre astrónomo Bessel, fué independientemente descubierto, desde el 22 al 31 de Mayo último, en los Observatorios de Sydney, Melbourne, Córdoba, Rio-Janeiro y Cabo de Buena-Esperanza, todos situados en el hemisferio austral. En los paises septentrionales ocurrió su aparicion hácia el 22 de Junio, y en Madrid fué vislumbrado en la noche del 24, pero las condiciones de la atmósfera impidieron toda observacion hasta el 26. Desde esta fecha hasta el 15 de Julio inclusive, fué observado en trece noches á su paso inferior por el meridiano, circunstancia muy favorable para la exactitud de las posiciones obtenidas.

Hé aquí el resultado de estas observaciones, cuidadosamente calculadas, y despues de enmendar algunas erratas introducidas en el cálculo por la precipitacion con que se hicieron las primeras reducciones. Las declinaciones no están corregidas de paralaje.

1881. DIAS.	TIEMPO MEDIO de Madrid.	ASCENSION RECTA aparente.	DECLINACION aparente.	OBSERVADOR.
	h m s	h m s	° ′ ″	
Junio 26	11 26 41,9	5 47 36,73	+56 59 17,8	Ventosa.
» 27	28 1,3	52 52,89	60 15 5,5	La Cruz
» 28	29 59,2	58 47,7 (?)	63 11 24,0	«
» 29	32 37,6	6 5 23,03	65 49 19,2	«
Julio 3	51 45,6	40 20,38	73 46 28,8	«
» 4	59 4,1	51 36,7	75 13 48,0	«
» 5	12 7 32,8	7 4 3,3	76 30 25,1	Ventosa.
» 6	17 12,8	17 41,5	77 37 23,7	«
» 7	28 5,7	32 32,7	78 35 24,7	«
» 8	40 8,8	48 34,4	79 25 14,1	«
» 12	13 37 24,3	9 1 45,5	81 33 52,7	Jimenez.
» 13	52 48,8	21 9,1	81 51 6,4	«
» 15	14 22 51,5	59 9,8	82 11 47,8	«

Dadas las sospechas de identidad de los dos cometas referidos, y tambien como una comprobacion de la exactitud de las observaciones efectuadas en Madrid, era importante el cálculo de la órbita parabólica que más satisfactoriamente las representase á todas. En su consecuencia, elegí por sus particulares circunstancias, las observaciones de los dias 26 de Junio, 5 y 13 de Julio, y con ellas calculé primero por los métodos de Oppolzer y Olbers unos elementos parabólicos aproximados, que despues, por medio de las diferencias resultantes de comparar las posiciones deducidas de la órbita provisional con las realmente observadas en los trece dias, corregí, haciendo uso del conocido método de los mínimos cuadrados, y dando, á falta de mejor criterio, el mismo peso á todas las observaciones. De este cálculo resultó la siguiente *órbita parabólica más probable* para el cometa *b* de 1881, cuyos elementos apenas difieren de los hasta ahora publicados con mayores indicios de precision.

Tiempo del paso por el perihelio..... $\left\{ T = 1881, \text{ Junio} \left\{ \begin{array}{l} 16,44832 \text{ tiempo medio de Madrid.....} \\ 16.49578 \text{ Id. de Berlin.....} \end{array} \right. \right.$

Longitud del perihelio.	$\pi = 265°14'43'',7$	Equinoccio medio de 1881,0
Longitud del nodo ascendente.....	$\Omega = 270\ 58\ 6,6$	
Inclinacion de la órbita.	$i = 63\ 28\ 27,6$	
Logaritmo de la distancia perihelia...	log. $q = \overline{1},865809$	

Calculadas de nuevo con estos elementos corregidos las longitudes (λ) y latitudes (β) geocéntricas del cometa, dejan, por comparacion con las observadas, los siguientes resíduos, expresados en segundos de arco de círculo máximo:

Observacion—cálculo.

1881	$\cos\beta d\lambda$.	$d\beta$.
	''	''
Junio 26	+0,6	+1,5
» 27	—1,3	+0,1
» 28	+3,6	+0,2
» 29	—1,3	—2,4
Julio 3	—0,1	—2,8
» 4	—2,2	+1,2
» 5	—0,1	0,0
» 6	—0,6	+2,5
» 7	+0,2	—0,6
» 8	—0,5	+1,1
» 12	—0,4	+1,0
» 13	+2,2	—1,2
» 15	—0,6	—0,2

El atento exámen de estos resíduos permite ver que no aparece ley alguna en el órden sucesivo de los signos, ni tampoco en el de los valores absolutos, los cuales oscilan entre muy estrechos límites. La diferencia mayor (+3'',6) en la longitud, es, á no dudar, debida á la menor precision de la ascension recta del cometa, observada el dia 28 de Junio en un solo hilo á causa de las nubes. Las sumas de los errores

positivos y las de los negativos, difieren muy poco entre sí, pues son para

$$\cos\beta d\lambda \begin{cases} +6,6 \\ -7,1 \end{cases}'' \qquad d\beta \begin{cases} +7,6 \\ -7,2 \end{cases}'' \qquad \text{y en totalidad} \qquad \begin{cases} +14,2 \\ -14,3 \end{cases}''$$

lo cual prueba que los indicados resíduos representan solo los errores fortuitos é inevitables de observacion, y que la órbita parabólica satisface cumplidamente á todas las posiciones observadas en el intérvalo comprendido entre el 26 de Junio y el 15 de Julio.

Parece, pues, lícito inferir de lo expuesto, que la órbita del cometa *b* de 1881 es en realidad una parábola, ó á lo menos una elipse muy prolongada y dificilmente conciliable con el período de 74 años que exigiría la identidad de aquel cometa con el de 1807; y que las observaciones meridianas que han servido para deducirla, hechas en Madrid, son todo lo precisas que podia esperarse, atendidas la apariencia un poco difusa del astro observado, y su especial situacion en la esfera celeste.

Madrid 12 de Octubre de 1881.

V. Ventosa.

APÉNDICE.

Lista de algunos sistemas de elementos de la órbita del cometa b *de* 1881, *publicados hasta ahora con mayores caracteres de exactitud.*

1.º Por M. *Bigourdan* de París («Comptes Rendus de l'Académie des Sciences» T. 93-197). Orbita calculada con tres posiciones del cometa en los dias Junio 1.°, 24, y Julio 13.

T=Junio 16,45719 t. m. París=16,48791 t. m. Berlin.

$$\left.\begin{array}{l}\pi = 265°13'55'',5\\ \Omega = 270\ 58\ 10,6\\ i = \ 63\ 28\ 44,6\end{array}\right\}\text{Equinoccio medio 1881, 0}$$

log. $q=\overline{1},865738$

Errores de la posicion segunda.

$$(O-C)\ cos\beta d\lambda = +\ 13'',4\ \ d\beta = -2'',8.$$

La primera posicion es un lugar normal resultante de las observaciones de Rio-Janeiro en Mayo 30, 31, Junio 1.°, 4 y 5. La segunda es otro lugar normal deducido de las observaciones meridianas hechas en Kew el 23, 24 y 25 de Junio, y en Varsovia el 24 de Junio. La tercera posicion resulta de una sola observacion ecuatorial, de toda confianza, hecha en París.

2.° Por M. *Deichmüller* de Bonn. (Astronomische Nachrichten, núm. 2387). Orbita deducida de una observacion hecha en Melbourne el 22 de Mayo, otra en Kiel el 22 de Junio, y otra meridiana en Bonn el 18 de Julio.

T=Junio 16,48731 t. m. Berlin

$$\left.\begin{array}{l}\pi = 265°13'46'',5\\ \Omega = 270\ 58\ \ 7,4\\ i = \ 63\ 29\ \ 9,7\end{array}\right\}\text{Equinoccio medio 1881, 0}$$

log. $q=\overline{1},865712$

Errores de la observacion segunda.

$$(O-C)\ cos\beta d\lambda = +4'',1\ \ d\beta = -0'',4$$

3.° Por M. *Zelbr* de Viena («Astronomische Nachrichten,» número 2389). Parábola *más probable* (sic) calculada con las observaciones de Melbourne, Mayo 23; del Cabo, Junio 9; de Hamburgo, Kiel y Kief, Junio 23; de Argel y Palermo, Julio 3, y de Viena, Julio 21.

T=Junio 16,48858 t. m. Berlin

$$\left.\begin{array}{l}\pi = 265°14'\ 9'',0\\ \Omega = 270\ 58\ 11,2\\ i = \ 63\ 29\ \ 0,0\end{array}\right\}\text{Equinoccio medio 1881, 0}$$

log. $q=\overline{1},865713$

		$\cos\beta d\lambda$	$d\beta$
Errores... (O-C)	Mayo..23	=0″,0	=0″,0
	Junio...9	+15,1	+13,4
	» ..23	+14,7	—11,0
	Julio...3	— 7,9	— 5,2
	» ..21	0,0	0,0
	Agosto..6	+ 3,4	—11,6

4.° Por MM. *Dunér y Engström* de Lund. («Astronomische Nachrichten,» núm. 2394) Elementos elípticos calculados con cuatro lugares normales para los dias Mayo 27, Junio 5, Junio 24 y Julio 5; estos lugares proceden de gran número de observaciones hechas en diversos Observatorios, entre ellas una de las de Madrid.

T=Junio 16,47882 t. m. Berlin.

π=265°12′56″,1
☊=270 57 44,7
i= 63 25 51,0
} Equinoccio medio 1881, 0

log. q=$\overline{1}$,865985
log. e=$\overline{1}$,998448

Período de revolucion=2954 años.

		$\cos\beta d\lambda$	$d\beta$
Errores..... (O-C)	Mayo...27	=—0″,1	=+0″,1
	Junio.....5	+1,0	—4,2
	» 24	+6,3	—1,6
	Julio.....5	+2,0	+2,7
	» 18	—2,0	—0,3
	» 30	—0,9	+4,5
	Agosto. .13	+0,2	0,0
	Setiembre 2	+2,2	—2,8

CIENCIAS NATURALES.

NOTA REFERENTE

AL HALLAZGO DE

FÓSILES TRIÁSICOS MARINOS,

EN LA

sierra de Gador, provincia de Almería.

La sierra de Gador, tan conocida por su riqueza mineral, ha sido objeto de muy diversas apreciaciones, con respecto á la edad de las rocas que la constituyen, por los geólogos que en diversas ocasiones la han visitado. Maestre, Amar de la Torre y Pernolet, usaron en las descripciones que de ella hicieron la palabra transicion, señalándola el primero en su Bosquejo geológico de España como perteneciente al sistema carbonífero inferior; Prado, fijándose en las pizarras arcillosas de color pardo interestratificadas con las calizas, que son las rocas predominantes de la sierra, indicó, fundándose en su aspecto, que podría ser devoniana, pero sin afirmarlo por falta de datos; Wilkomm precisó más, comprendiéndola en el sistema siluriano, al que refirió tambien las montañas de segundo órden de la parte meridional de Andalucía. Los Señores Botella y Vilanova la han supuesto perteneciente al periodo permeano, marcándolo así en los mapas geológicos de la Península, que cada uno de ellos ha publicado recientemente. Mr. de Verneuil es el que estuvo mas en lo cierto al conside-

rarla como triásica, si bien no se atrevió á decirlo de una manera afirmativa, usando la palabra dudoso (incertain) en los mapas por él mismo publicados, no siendo de extrañar tal divergencia de pareceres, porque no se habia comprobado el carácter paleontológico en dicha comarca, por los naturalistas que la habian visitado.

En tal estado se hallaba la cuestion cuando para completar el estudio geológico de la provincia de Almería, ya hecho por otros Ingenieros de la Comision, en las regiones Norte, Central y Sur, se nos encargó el de la parte S. O., en que se halla comprendida la precitada sierra de Gador; y aunque no tan detenidamente como hubiéramos deseado, la hemos visitado con tal fortuna, que sin gran trabajo logramos encontrar en diversos sitios restos de seres organizados, muy abundantes en algunos de ellos.

En la extension de 25 kilómetros de longitud que de E. á O. mide la sierra por 14 de latitud, creimos reconocer en nuestros itinerarios el sistema triásico en las calizas y arcillas pizarrosas de la citada montaña, por la analogía que presentan con las fosilíferas de otras provincias de Andalucía que acabábamos de recorrer, parecer que hemos visto confirmado por la determinacion genérica que ha hecho de los ejemplares recogidos y que entregamos á nuestro compañero y amigo Don L. Mallada, profesor de paleontologia de la Escuela de Minas.

Los fósiles examinados resultan pertenecer á los géneros *Myophoria*, (*M. lævigata* y *M. Goldffussi*), *Hinnites Monotis*, *Avicula* (A. Bronni) *Myacites* y *Rissoa;* habiendo otros que por su mal estado de conservacion no han podido determinarse; debiendo tambien mencionar la presencia de un tallo vegetal.

Los primeros ejemplares los descubrimos el 14 de febrero del presente año en la parte meridional de la sierra, márgen derecha de la rambla del Cañuelo, aguas abajo del barranco Tiñado, donde los fósiles se presentan en tal abundancia, que materialmente cubren la superficie de los lechos de la caliza estratiforme de color gris, acompañada de capas interpuestas de una arcilla pizarrosa de color pardo. Otro sitio donde tambien logramos verlos en abundancia se halla en el prome-

dio del camino de Félix al Marchal, siendo tambien caliza la roca que los contiene. En la parte septentrional de la sierra reconocimos la caliza fosilífera en la solana del Fondon en la gran cuesta de la márgen izquierda del rio Andarax, marchando por la vereda de la mina Sebastopol al pueblo de Fondon.

En la presente nota nos limitamos á dar cuenta de este descubrimiento, que de una manera precisa nos confirma la existencia del trias medio ó muschelkalk en la sierra de Gador, reservándonos hacer un estudio detallado de aquella comarca, al publicar la Descripcion física, geológica y minera que de la provincia de Almería estamos redactando.

Madrid 17 de abril de 1882.

Joaquin Gonzalo Tarin.

GEOLOGIA.

YACIMIENTO DE LA AERINITA.

Desde 1876, en que Mr. Lasaulx dió nombre á esta especie tan notable, viene conociéndose como un mineral raro procedente de España, sin que á pesar de las pesquisas de que ha sido objeto, se hubiese logrado hasta ahora descubrir la localidad determinada donde existe, y las condiciones en que yace; debiéndose ciertamente á esta circunstancia las dudas que han llegado á abrigar algunos, sobre si debía considerársele como un producto artificial, y no como una nueva muestra de las variadas producciones de la naturaleza.

Adquiérenlo á buen precio los coleccionistas, de manos de algunos mercaderes de la region pirenáica, quienes no se prestan á divulgar el secreto del punto mismo en que se lo proporcionan, atentos, como es de suponer, á su propia conveniencia, é importándoles bien poco el progreso de los conocimientos científicos.

Y puede presumirse que han de ser muy contados los yacimientos de esta sustancia, cuando en medio del movimiento que ha llegado á imprimir al estudio geológico del suelo español la actual organizacion de estos trabajos, no se la menciona en ninguna de las publicaciones que va dando á luz la actividad de la Comision ejecutiva.

Poco es, pues, lo que puede decirse respecto de su historia.

Mr. Lasaulx publicó en 1876 un trabajo en el «Neues Jahrbuch,» diciendo que el mineral objeto de su estudio, figuraba en el Museo de Breslau (Silesia), donde llevaba la etiqueta de *Vivianita de España;* pero analizada, y no presentando ácido fosfórico, decidióse á pedir antecedentes á su predecesor el profesor Websby, por el cual supo que el Doctor

Schuchart, habia adquirido dicha muestra en Barcelona, como procedente de Aragon, y como mineral de cobalto, y que habiendo buscado en ella inútilmente este metal, habia abandonado su estudio, siendo remitido un trozo del ejemplar al Museo de Breslau, por el Dr. Peck de Gorlitz.

Más tarde, el mismo Lasaulx en una nueva nota, refiriéndose á una carta de Mr. Descloizeaux, dijo que este último ya conocia en Francia el tal mineral, y que Mr. Damour lo habia analizado; pero que, ignorándose á punto fijo su procedencia, su estudio estaba suspendido, por cuanto lo único que de ella se sabia era que los mercaderes de minerales del Pirineo lo proporcionaban.

En medio de esta oscuridad sobre el yacimiento de la *aerinita*, no faltó quien, como Mr. Lespeyres, llegase hasta afirmar que era un producto del arte, y que no debia figurar entre las materias minerales.

Mr. Lasaulx opúsose, como era natural, á esta suposicion, y hasta indicó que cree ser la *aerinita* un resultado de la alteracion ó descomposicion de alguna roca eruptiva básica.

Por último, como si fuese de rigor que en todas partes donde existiesen coleccionados ejemplares de esta sustancia notable, estuviese tendido un velo sobre cuanto pudiere dar luz acerca de su orígen y procedencia, añadiré por mi parte que, en el Museo de Mineralogia de la Escuela industrial de Barcelona, encuéntrase una buena muestra sin etiqueta alguna, que he reconocido ser la misma especie mineralógica que motiva la presente Nota; pero el Director de la Escuela, Don Ramon de Manjarrés, me ha manifestado que no pudo averiguar del que la trajo en qué sitio la adquirió. Esta muestra se compone de dos ejemplares de aspecto algo diferente, por presentarse en ellos las variedades de textura que en una misma localidad se observan en la *aerinita*, segun luego veremos.

Felizmente, en mis excursiones por el Pirineo, al visitar unos afloramientos de la interesante roca eruptiva que denominan unos *Ofita*, siguiendo á Palasou, y otros *Ofitona* siguiendo á Cordier, pero á la cual designaré con el primer nombre para atenerme al derecho de prioridad que asiste á la

denominacion de Palasou, quien fué el primero en darla á conocer, recogí algunos fragmentos de un mineral de color azul celeste, que guardé, esperando su turno para ser analizados; cuando recibí de Mr. Maurice Gourdon, miembro de la Sociedad geológica de Francia, y celoso explorador de las riquezas naturales del Pirineo, un ejemplar tipo del mineral que nos ocupa, preguntándome su procedencia y yacimiento.

Los caractéres exteriores de esta muestra me han permitido establecer con las mias una comparacion, que ha sido luego confirmada por el estudio microscópico de una y otras, que con su habitual complacencia se ha prestado á hacer el entendido micrógrafo D. José Macpherson.

Más adelante insertaré íntegra la relacion que de este exámen me ha comunicado; pero ántes será oportuno describir la especie tipo, por lo mismo que su escasez en las colecciones la hace ser poco conocida, debiendo aquí consignar, que á los dos geólogos últimamente nombrados debo los datos que presento relativos á su historia y caractéres.

La *aerinita* (v. Lasaulx), extractado del *Bulletin de la Societé minéralogique de France.*

»Sustancia azul, de una textura compacta, y en ciertos puntos fibrosa. Pleochroica, polvo gris-azulado.

Dureza: 3 á 4.

Densidad: 3,0185.

Las láminas delgadas muestran al microscopio fragmentos de *cuarzo*, de *peridoto*, de *feldespato triclínico*, de *rutilo* y de *augita*, empotrados en una pasta azul.

Esta pasta, separada de las materias extrañas, ha dado al análisis por el carbonato de sosa:

$Si\ O^2$	48,53
$Al^2\ O^3$	7,55
$Fe^2\ O^3\ Fe\ O$	32,78
$Mn^2\ O^3$	1,17
CaO	3,59
MgO	0,90
HO	6,15
	100,67

El ácido clorhídrico, aun en frio, ataca la materia decolorándola, y disuelve cantidades variables que Mr. Lasaulx ha encontrado en tres ensayos ser iguales á 18,27, á 29,17 y á 32,45 por 100.

La imposibilidad de purificar completamente la *aerinita* arroja incertidumbre sobre su verdadera composicion, que, sin embargo, parece aproximarla á la *cillingita*. (Neues Jahrbuch. 1876, p. 352.—Min. Mag, 1877, p. 82).

Nosotros añadiremos que es más bien una roca que un mineral definido. Mr. Descloizeaux ha observado efectivamente, que ciertas placas delgadas estaban compuestas de porciones grises monorefringentes, y de otras verdes birefringentes, con un dicrhoismo variable, segun los puntos.

De las investigaciones de Mr. Damour que remontan á 1874, y que no han sido publicadas, resulta que la mitad casi de la sustancia se disuelve en ácido nítrico: segun él, la densidad es 2,64, y su composicion la siguiente:

	Parte soluble.	Parte insoluble.	Total.
Sílice	12,88	31,57	44,45
Acido titánico	»	0,41	0,41
Alúmina	8,22	3,58	11,80
Oxido férrico	7,43	5,27	12,70
Cal	6,55	3,61	10,16
Magnesia	2,31	3,55	5,86
Potasa	0,30	1,01	1,31
Agua	12,74	»	12,74
Acido fosfórico	indicios.	»	indicios.
Acido vanádico	indicios.	indicios.	indicios.
	50,43	49,00	99,43

La coloracion podria ser atribuida á un fosfato de hierro ó á un vanadiato.

Los afloramientos ofíticos donde he encontrado la *aerinita*, son en número de dos, y pertenecen, uno de ellos á la provincia de Huesca (Aragon), y otro á la de Lérida (Cataluña.)

El primero radica en las cercanias de Caserras, viéndose la *aerinita* constituir filoncitos ó vetas delgadas, que arman

en la masa de ofita, teniendo comunmente de 2 á 3 centímetros de espesor. Su color azul, que es un poco más claro que el de los ejemplares que circulan en las colecciones extranjeras, recuerda á primera vista el de las rocas teñidas por el carbonato azul de cobre.

Esta coloracion es más intensa en unos puntos que en otros, y suele desvanecerse en la proximidad de la *ofita*, pasando á tomar un tono verdoso por efecto de predominar los elementos constituyentes de esta roca; otras veces, el plano de separacion de la *ofita* y la *aerinita* es perfectamente limpio, y en un mismo ejemplar que abrace todo el espesor de la veta, se puede con frecuencia ver en una cara la pasta azul compacta sembrada de escasos granos de distintos minerales, acompañamiento constante de la *aerinita*, miéntras que en la otra obsérvase una aglomeracion de estos diversos elementos mineralógicos, entre los cuales la pasta azul que constituye la *aerinita*, va perdiéndose hasta llegar á desaparecer totalmente.

La textura de la *aerinita* no es compacta en todos los filoncillos que se ven en este paraje; algunas vetas de poco espesor muestran una textura hojosa, presentándose el mineral á manera de capas de superficie curva, muy delgadas, separadas á veces entre sí, por cutículas blanquecinas; y en este caso, en vez del color azul mate que es comun en la sustancia, aparece de un azul lustroso.

En los ejemplares gruesos percíbese al romperlos esta tendencia á la estructura pizarrosa, pues en tanto que la fractura á través, es decir, normal á las caras de contacto con la roca *ofítica* es totalmente irregular, y se vé compacta la textura y el color azul mate característico; la fractura paralela á las caras de contacto, es marcadamente aplanada, y descubre partes mates y partes lustrosas. De suerte que presenta mayor facilidad para dividirse en este último sentido, y se puede aprovechar esta propiedad en las muestras de regular espesor, para formar ejemplares de alguna superficie, y poco grueso.

En uno de los dos fragmentos que he citado en la Escuela industrial de Barcelona, descúbrense granos de *ofita* empastados en la *aerinita*, que llegan á tener 4 milímetros de diámetro, además de los otros minerales que cita el Sr. Macpher-

son en su estudio: toman formas aplanadas, y se alínean paralelamente á las caras de junta, dejando entrever esta marcada extructura irregularmente laminar, de que acabo de hacer mencion.

El otro ejemplar de la referida Escuela es notable, no solo por el diferente aspecto que le da el encontrarse la *aerinita* en pequeña cantidad, surcando una masa de *ofita* en extremo alterada, sino porque en algunos puntos la *aerinita* se presenta enteramente fibrosa, apareciendo como *amianto* teñido de un hermoso color azul.

El segundo manchon ofítico está en Tartaren (Lérida), pero aquí las muestras de *aerinita* que he recogido, yacían esparcidas por el suelo, y este oculta quizás el yacimiento mismo de donde proceden, yacimiento que, por lo demás, me faltó el tiempo necesario para tratar de descubrir: pero aseguróme el guia que á poca distancia del afloramiento de Tartaren, y en el mismo término, hay otro en que son bastante abundantes estas *piedras azules;* de todos modos, reconocido que en Caserras arma la *aerinita* en la *ofita*, no puede caber duda que lo mismo sucede en esta última localidad, donde los fragmentos van sueltos entre los detritus de aquella roca eruptiva. El color y demás caracteres de estas muestras, no establecen la menor diferencia con las que proporcionan los vendedores de minerales de el Pirineo.

Con esto queda revelado á los mineralogistas el yacimiento de esta curiosa sustancia, que durante seis años ha permanecido ignorado, y se añade una más á la lista de las especies mineralógicas que acompañan á la interesante roca eruptiva llamada por Palasou *piedra verde* ú *ofita*, que tan importante papel desempeña en la constitucion de los Pirineos franceses y españoles.

Véase ahora cuáles son sus caractéres ópticos, segun se desprende del siguiente

Estudio microscópico de la AERINITA,

POR DON JOSÉ MACPHERSON.

El material que he tenido á mi disposicion para su exámen, consiste en un trozo de una veta de *aerinita*, como de

un centímetro de espesor, que atraviesa un fragmento de roca ofítica.

Este mineral en seccion trasparente, presenta en el microscopio la siguiente estructura.

Si se observa, por ejemplo, una preparacion de suficiente tamaño, como para abarcar tanto á la roca matriz como al mineral, se verá que el contacto entre ambas sustancias aparece muy bien delimitado, distinguiéndose por un lado una *ofita* bastante descompuesta, y del otro la *aerinita* con su bello azul de cielo por trasparencia, la que empasta el sin número de pedacillos de diferentes sustancias que la caracterizan.

El mineral propiamente dicho, á semejanza del descrito por Lasaulx, está formado por una aglomeracion de hebras y filamentos semejantes en su extructura á muchos cloritas, y atravesados por vetas y ramificaciones, de color mas intenso y homogéneo, que recuerdan á las que caracterizan á muchas serpentinas: siendo de notar que, aun en el grado de mayor tenuidad posible, esta sustancia permanece siempre, por trasparencia del mismo color azul de cielo que tan especial carácter le presta.

Su dicroismo es siempre intenso, y en particular en las vetas que ya he dicho, lo cruzan en todas direcciones.

En muchas de estas se nota un tricroismo muy notable, cambiando el color de la sustancia desde un azul intenso, á casi incoloro y á un violeta subido.

En la luz polarizada con los nicholes cruzados brilla con intensidad suma, y, cuando son láminas suficientemente delgadas, con tintas verdes, amarillas, de fuego y purpúreas.

Sus caractéres ópticos son difíciles de establecer, dada la masa de hebras y filamentos que la caracterizan sin orientacion determinada. Sin embargo, en las vetas y ramificaciones que la surcan en todas direcciones, se observa que la extincion entre los nicholes cruzados, se verifica simultáneamente en toda aquella parte de la ramificacion que coincide con la seccion principal del polarizador; y si en este caso sucede que el elemento cristalino tiene su eje cristalográfico orientado, bien normal ó bien paralelamente á la direccion de la veta, es plausible suponer que la *aerinita* sea un mineral rómbico.

Las innumerables partículas que este mineral empasta, pueden referirse, á excepcion de algunas placas zoolíticas de caractéres semejantes á los de la *natrolita*, á los idénticos elementos que constituyen la vecina *ofita*.

Redúcense estos á trozos irregulares de mayor ó menor tamaño de *piroxeno*, á fragmentos de *cuarzo*, *feldespato* y *magnetita*, y por último á pedazos á veces de gran tamaño de la misma *ofita*.

Constituye á esta roca un agregado cristalino de pequeños cristales de *feldespato* triclínico en regular estado de conservacion, *piroxeno* y *magnetita*, á más de abundantes productos cloríticos de que más adelante tendré ocasion de hablar, y algunas pequeñas placas de cuarzo.

Los cristales de *feldespato* están alargados en direccion de la zona *pg'*, y forman numerosas hemitropias segun la ley de la albita.

En aquellos raros individuos que se extinguen simétricamente á ambos lados del plano de macla, que deben estar cortados paralelamente á la zona *ph'* lo hacen bajo ángulos que pasan comunmente de 30 grados, debiéndose por consiguiente, referir este feldespato al Labrador.

El piróxeno, como regla general, está turbio en alto grado y, como usualmente se observa en las *ofitas*, sus diversos fragmentos están moldeados por los adyacentes cristales de feldespato.

Frecuentemente este mineral adquiere la facies dialágica con cuyos idénticos caractéres se le reconoce tambien empastado en la *aerinita*.

La *magnetita* es relativamente escasa: encontrándose, además como desparramadas por la roca en bastante abundancia, numerosas hebras y filamentos de una sustancia clorítica, evidente producto de la descomposicion de los diversos productos de la roca y con especialidad del *piroxeno*.

Observado el contacto entre la roca matriz y el mineral objeto de este estudio, con aumentos suficientes, se observan fenómenos bastante curiosos, y que confirman el supuesto de Lasaulx de ser la *aerinita* un producto de descomposicion de una roca eruptiva básica; pero descomposicion de la *ofita*

verificada en este caso bajo condiciones muy distintas de las que presiden conmunmente á la usual descomposicion de estas rocas.

De la simple inspeccion del contacto entre ambas sustancias, se deduce, que así como la descomposicion normal de la *ofita* es efecto de una accion que abraza toda su masa, en este caso se observa por el contrario, que, solo cuando la roca matriz se pone en contacto con las condiciones que producen la *aerinita*, va la *ofita* siendo pasto de esa especial descomposicion.

Nótase en el contacto de ambas sustancias, que los elementos de la *ofita* se rompen y disgregan en innumerables fragmentos, los que á su vez quedan envueltos por las hebras y filamentos de la *aerinita;* miéntras que simultáneamente se ve que la sustancia clorítica que permea á la roca ofítica cambia de color en la vecindad del contacto, y desde el amarillo verdoso que la distingue pasa á la coloracion azul de cielo que es el patrimonio de la *aerinita:* siendo frecuente ver algunos trozos ó filamentos de la primitiva clorita que miéntras por un extremo conservan la coloracion amarilla, por el otro poseen todos los caractéres de la *aerinita*.

De notar es tambien que los fragmentos de *piroxeno* que quedan envueltos por la sustancia azul, y que en la vecindad del contacto, y aún en la roca primitiva, se hallaban turbios en alto grado, esperimentan, ya envueltos por la *aerinita*, como una especie de reabsorcion de sus impurezas, y aparecen entónces de una limpieza extraordinaria.

Otra propiedad, en alto grado curiosa, que este mineral posee es la siguiente: causa á veces sorpresa que cuando en la labra se ha conseguido una preparacion suficientemente trasparente para la observacion, al calentarla y trasladarla al cristal definitivo se nota que ha perdido por completo la trasparencia y aparece en alto grado opaca en el microscópio; miéntras que por reflexion conserva siempre su coloracion característica. Pero lo más notable del caso es que si se desmonta la preparacion y se la desprende del *bálsamo del Canadá* que la envuelve, y se la humedece ligeramente, recobra por completo su primitiva trasparencia.

Tales son las principales propiedades que el análisis microscópico revela en este mineral, el cual parece efectivamente ser un producto de la descomposicion de la *ofita;* pero verificado indudablemente bajo condiciones muy distintas de las que presiden á su usual descomposicion; y dada su extructura, parece verse en sus vetas y múltiples ramificaciones los canales por donde han penetrado los nuevos elementos que han contribuido á la génesis de tan curioso cuerpo.

Del precedente estudio en que el Señor Macpherson consigna la forma de hebras y filamentos que en la constitucion íntima de la *aerinita* revela su inspeccion al microscopio, creo que puede deducirse que los ejemplares en que aparece á simple vista esta disposicion de sus partículas, es decir, en que se muestra la extructura fibrosa, son los que presentarán mayor pureza. El pequeño ejemplar de esta textura que obra en mi coleccion es realmente muy limpio, y no descubre los numerosos elementos extraños que en los ejemplares comunes se suelen percibir aún sin auxilio de una lente, y cuya mezcla alterando las condiciones físicas de la *aerinita*, debe haber contribuido á que no se desarrollase esa delicada ordenacion lineal de sus moléculas que, como ántes he dicho, da á las muestras fibrosas el aspecto de amianto teñido de un bello azul.

La análisis química, que hasta ahora no ha podido decir su última palabra sobre la composicion elemental de la *aerinita*, por la imposibilidad de separar de la parte azul los granos y fragmentos mineralógicos que empasta, deberá dirigirse, á mi entender, sobre ejemplares fibrosos: y como estos, por desgracia, son raros y tendrán que buscarse como busca el mineralogista los cristales para el estudio de los tipos específicos, es de desear que, averiguadas las condiciones geológicas en que aparece esta sustancia, al hallazgo de los dos yacimientos expresados siga, el de otros nuevos; y facilitándose así la adquisicion de muestras sobre el terreno, se aproxime el dia en que la química llegue á dar su composicion con exactitud.

Luis Mariano Vidal.

VARIEDADES.

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.—Desde la publicacion del último número de la Revista, se han verificado diferentes cambios en el personal, como á continuacion se expresa.

Por muerte del Sr. D. Eduardo Rodriguez, Secretario de la Seccion de Ciencias Físicas, ocurrida en 21 de Junio de 1881 fué nombrado Académico numerario en la misma seccion el Sr. D. Meliton Martin, en sesion general de la Academia del 28 de Noviembre de 1881.

Por fallecimiento del Excmo. Sr. Marqués del Socorro, digno Presidente de la Academia, ocurrido en 8 de Febrero último, y para ocupar su vacante de Académico numerario en la seccion de Ciencias Físicas, ha sido nombrado el Sr. D. Gumersido Vicuña, en sesion general del 5 de Abril.

Han fallecido tambien los corresponsales nacionales D. Francisco de los Rios Naceyro, y el R. P. Fr. Antonio Llanos; residente en Manila, y han sido nombrados con el mismo carácter D. Andres Llauradó, D. Francisco Barceló y Combid, D. Silvino Thos y Codina y D. Eduardo Boscá.

De los corresponsales extranjeros se tiene noticia del fallecimiento de Sr. Morin en París, del Sr. Schlagintweit, en Leipzig, y ha sido nombrado el Sr. Bremond, residente en Madrid.

PREMIOS PARA 1883.

Artículo 1.° La Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales abre concurso público para adjudicar tres premios á los autores de las Memorias que desempeñen satisfactoriamente, á juicio de la misma Corporacion, los temas siguientes:

I.

«*El Algebra, histórica y críticamente considerada. Definicion de esta parte de la Ciencia matemática, é indicacion de sus límites y caractéres propios y distintivos. Esposicion compendiosa, pero metódica y clara, de sus principios fundamentales y teorías más importantes, en cuanto principalmente se refiere á su origen y desenvolvimiento en el trascurso del tiempo, á sus relaciones mútuas de analogía y dependencia, ó á su falta de conexion é íntimo enlace. Qué se entiende por teorías modernas del Algebra; á qué necesidad ú objeto científico responden, y de qué modo ó hasta dónde le satisfacen.*»

II.

«*Teoría matemática de las máquinas magneto-eléctricas y dinamo-eléctricas en sus varias clases y variedades, principalmente las derivadas de la máquina de Gramme, deduciendo dicha teoría de la general de la induccion, y haciendo aplicacion de ella al cálculo racional de todos los elementos que componen las expresadas máquinas, ya obren directa, ya inversamente, así como de su velocidad: todo ello según las aplicaciones varias que la industria pueda hacer de tales mecanismos.*

»*Serán circunstancias recomendables las siguientes:*

1.ª En la parte puramente abstracta, exponer una teoría completa de la induccion eléctrica, reduciendo el número y la naturaleza de las hipótesis á los términos más sencillos, y haciéndola depender no más que del desequilibrio del éter, de las atracciones y repulsiones consiguientes, y de las leyes de la mecánica racional.

2.ª En la parte de las aplicaciones, tratar ampliamente de la luz eléctrica y del trasporte de fuerza.

3.ª En la parte experimental, la abundancia y la precision de los datos numéricos, sobre todo de los necesarios para el cálculo de las máquinas, como por ejemplo los que exigen el empleo de la característica de M. Marcel Deprez y los métodos de M. Maurice Levy.

III.

»*Concordancia ó discordancia entre la fauna málaco-actinozoa contemporánea y paleontológica de una region litoral española, demostrada con estudios de geografía zoológica que prueban cuáles son las causas que han contribuido á mantener la concordancia ó producir la dicordancia que se observe.*»

El autor de la Memoria podrá comprender en su estudio una region más ó menos extensa, pero siempre bien circunscrita, dentro de los límites de nuestro litoral, siendo admisibles también los que se limiten al de alguna de nuestras islas adyacentes, y hasta de una ria oceánica de las mayores.

2.º Los premios que se ofrecen y adjudicarán, conforme lo merezcan las Memorias presentadas, serán de tres clases: *premio* propiamente dicho, *accesit* y *mencion honorífica*.

3.º El *premio* consistirá en un diploma especial en que conste su adjudicacion; una medalla de oro, de 60 gramos de peso, exornada con el sello y lema de la Academia, que en sesion pública entregará el Sr. Presidente de la Corporacion á quien lo hubiese merecido y obtenido, ó bien á persona que le represente; retribucion pecuniaria al mismo autor ó concurrente premiado de 1.500 pesetas; impresion por cuenta de la Academia, en la Coleccion de sus Memorias, de la que hubiere sido laureada; y entrega, cuando esto se verifique, de 100 ejemplares al autor.

4.º El *premio* se adjudicará á las Memorias que no solo se distingan por su relevante mérito científico, sino tambien por el órden y mérito de la

exposicion de materias y por redaccion bastante esmerada, para que desde luego pueda procederse á su publicacion.

5.° El *accesit* consistirá en diploma y medalla iguales á los del *premio* y adjudicados del mismo modo; y en la impresion de la Memoria coleccionada con las de la Academia y entrega de los mismos 100 ejemplares al autor.

6.° El *accesit* se adjudicará á las Memorias poco inferiores en mérito á las premiadas, y que versen sobre los mismos temas: ó, á falta de término superior con que compararlas, á las que reunan condiciones científicas y literarias aproximadas, á juicio de la Corporacion, á las impuestas para la adjudicacion ú obtencion del premio.

7.° La *mencion honorífica* se hará en un diploma especial, análogo á los de *premio* y *accesit*, que se entregará tambien en sesion pública al autor ó concurrente agraciado, ó bien á persona que le represente.

8.° La *mencion honorífica* se hará de aquellas Memorias verdaderamente notables por algun concepto, pero que, por no estar exentas de lunares ó imperfecciones, ni redactadas con el debido esmero y necesaria claridad para proceder inmediatamente á su publicacion por cuenta y bajo la responsabilidad de la Academia, no se consideren dignas de *premio* ni de *accesit*.

9.° El concurso quedará abierto desde el dia de la publicacion de este Programa en la *Gaceta de Madrid*, y cerrado en 31 de diciembre de 1882, hasta cuyo dia se recibirán en la Secretaría de la Academia cuantas Memorias se presenten.

10. Podrán optar al concurso todos los que presenten Memorias que satisfagan á las condiciones aquí establecidas, sean nacionales ó extranjeros, excepto los individuos numerarios de esta Corporacion.

11. Las Memorias habrán de estar escritas en castellano ó latin.

12. Las Memorias que se presenten optando á premio se entregarán en la Secretaría de la Academia, dentro del plazo señalado en el anuncio de convocatoria al concurso, y en pliegos cerrados, sin firma ni indicacion del nombre del autor, pero con un lema perfectamente legible en el sobre ó cubierta, que sirva para diferenciarlas unas de otras. El mismo lema de la Memoria deberá ponerse en el sobre de otro pliego, tambien cerrado, dentro del cual constarán el nombre del autor y las señas de su domicilio ó residencia.

13. De las Memorias ó pliegos cerrados el Secretario de la Academia dará á la persona que los presente y entregue un recibo, en que consten el lema que los distingue y el número de órden de su presentacion.

14. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *premio* ó *accesit*, se abrirán en la sesion en que se hubiese acordado otorgar á sus autores una ú otra distincion y recompensa; y el Sr. Presidente proclamará los nombres de los autores laureados en aquellos pliegos contenidos.

15. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *mencion honorífica*, no se abrirán hasta que sus autores, conformándose con la decision de la Academia, concedan su beneplácito para ello. Para obtenerlo se publicarán en la *Gaceta de Madrid* los lemas de las Memorias en este último concepto premiadas; y, en el improrogable término de dos meses, los autores respectivos presentarán en Secretaría el recibo que de a misma dependencia obtuvieren como concurrentes al certámen, y otor-

garán por escrito la vénia que se les pide para dar publicidad á sus nombres. Trascurridos los dos meses de plazo que para llenar esta formalidad se conceden, sin que nadie se dé por aludido, la Academia entenderá que los autores de aquellas Memorias renuncian á la honrosa distincion que legítimamente les corresponde.

16. Los pliegos que contengan los nombres de los autores no premiados ni con *premio* propiamente dicho, ni con *accesit*, ni con *mencion honorífica*, se quemarán en la misma sesion en que la absoluta falta de mérito de las Memorias respectivas se hubiese decidido. Lo mismo se hará con los pliegos correspondientes á las Memorias agraciadas con *mencion honorífica*, cuando en los dos meses de que trata la regla anterior, los autores no hubiesen concedido permiso para abrirlos.

17. Las Memorias originales, premiadas ó no premiadas, pertenecen á la Academia, y no se devolverán á sus autores. Lo que, por acuerdo especial de la Corporacion, podrá devolvérseles, con las formalidades necesarias, serán los comprobantes del asunto en aquellas Memorias tratado: como modelos de construccion, atlas ó dibujos complicados de reproduccion difícil, colecciones de objetos naturales, etc. Presentando en Secretaría el resguardo que de la misma dependencia recibieren al depositar en ella sus trabajos como concurrentes al certámen, obtendrán permiso los autores para sacar una copia de las *Memorias* que respectivamente les correspondan.

El Vicesecretario, *Miguel Colmeiro.*

31 MAR 1886

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

GEODESIA.—Noticia de los primeros experimentos hechos en España con el péndulo de inversion..... 325

Observaciones meridianas del cometa B de 1881..... 350

CIENCIAS NATURALES.

Nota referente al hallazgo de fósiles triásicos marinos..... 356

GEOLOGIA.—Yacimiento de la Aerinita..... 359

Variedades..... 369

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 7.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1886.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y qu se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaz de la Villa, núm. 2, piso principal.

	RUSTICA.
	Ptas. Cént
MEMORIAS.—9 tomos completos, precio de cada uno.....	12,5
REVISTA DE LA ACADEMIA.—20 tomos, precio de cada uno...	6,0
ANUARIOS.—Cuatro tomos: 1883 al 1886, precio de cada uno.	2,5

Tomando de 5 á 10 ejemplares á la vez, de cualquiera de estas obras, se hará en lo precios la rebaja del 15 por 100 y de 10 ejemplares en adelante la del 25 por 100.

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturale y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tom encartonados, á 25 pesetas cada uno.

CIENCIAS NATURALES.

CATÁLOGO

DE LOS

MOLUSCOS RECOGIDOS EN BAYONA DE GALICIA

Y

Lista de las especies marinas que viven en la costa Noroeste de España, por J. G. Hidalgo.

Una estancia de veinte días durante el mes de Agosto de 1883 en el pueblo de Bayona, provincia de Pontevedra, me permitió hacer algunas excursiones malacológicas con ayuda de mi malogrado hijo (que era muy entusiasta por el estudio de las ciencias naturales) y reunir gran número de datos para mis obras en publicación sobre los moluscos de España. Mas sin perjuicio de incluirlos en ellas, he creído conveniente dar á conocer de antemano los resultados de nuestras exploraciones, siguiendo en esto una buena costumbre de los naturalistas extranjeros, que publican enseguida todas las noticias adquiridas sobre la fauna ó flora de un país, facilitando de dicho modo las tareas de otros hombres científicos, ó las suyas propias, cuando después emprenden trabajos de más importancia.

Hechas estas ligeras indicaciones, sólo me resta exponer el método seguido en este escrito; después de una breve reseña topográfica de la localidad explorada, paso á la enumeración de las especies de moluscos, citando en cada una las figuras que más exactamente convienen con los ejemplares re-

cogidos, los nombres vulgares, si los tienen, y dando pormenores sobre su estación y variaciones, cuando pueden ser de alguna utilidad. Termino mi trabajo con una lista de todas las especies de moluscos marinos hallados hasta hoy en el litoral de Galicia, ó sea la costa Noroeste de España, lista muy numerosa y bastante completa sobre la fauna malacológica de dicha región, porque á los datos reunidos por los españoles Graells (1), Macho Velado (2), Cisneros, Subirá, Seoane (3), Cornide (4) y los antes expuestos, he agregado los que se deben á los extranjeros Mac Andrew (5), Woodward, Folin (6) y Jeffreys (7), por sus dragados en las bahías de la Coruña y de Vigo, sobre todo en la excursión hecha en 1870 por el buque inglés Porcupine. Dicha lista servirá además para su comparación con la del litoral del SO. de Francia, debida á Fischer (8), y las de la costa de Portugal, hace poco publicadas por Nobre (9), contribuyendo así al mejor conocimiento de la distribución geográfica de los moluscos marinos por la costa europea del Océano atlántico.

---

(1) *Exploración científica de las costas del Ferrol.* Madrid, 1870.

(2) Los datos reunidos por los señores Macho, Cisneros y Subirá, están incluídos en mis obras *Catalogue des mollusques testacés marins de l'Espagne.* París, 1867. *Moluscos marinos de España*, Madrid, 1870 á 1882, y en el presente escrito

(3) *Ensayo de la historia natural de Galicia*, Lugo, 1866.

(4) *Reseña de una historia de los peces, etc. de Galicia*, 1788.

(5) *Notes on the distribution of mollusca observed on the coasts of Spain, etc.* London, 1850.—*Species of mollusca obtained in Corunna bay* (en los *Ann. and Magazine of natural history*, London, 1864, publicado en unión de Woodward) y *On the mollusca of Vigo Bay* (*Ann. et Mag. nat. history*, London, 1849.)

(6) *Les fonds de la mer*, tomo II, pág. 200. París, 1875.

(7) *On the mollusca procured during the Lightning and Porcupine expeditions* 1868-70. 9 partes, London, 1878 á 1885.

(8) *Faune conchyliologique marine du departement de la Gironde.* 3 partes. París, 1865 á 1874.

(9) *Molluscos marinhos do Noroeste de Portugal*, Porto, 1884.—*Faune conchyliologique marine du Nord-Ouest du Portugal*, en la revista *O Instituto*, Coimbra, 1885.—*Catalogue des mollusques observés dans le Sud-Ouest*, Coimbra, 1884. 2.ª edic. en la *Revista da sociedade de Instrucçao*. Porto, 1885.

I.—Reseña de la localidad.

Bayona de Galicia es un pueblo situado en la región Noroeste de España, próximo á la entrada de la ría de Vigo, y poco distante de la raya de Portugal. Al frente de dicho pueblo se extiende una gran bahía (de forma algo elíptica, y cuyo eje mayor está en dirección Norte á Sur), la cual presenta al Oeste una amplia comunicación con el Atlántico, limitada al Norte por el Cabo del Centoulo y el islote denominado Estela de tierra, y al Sur por el castillo de Monte-Real. La costa de la bahía está formada de peñascos en su parte Norte, desde Cabo Centoulo hasta el pueblecillo llamado Panjón; desde éste se halla constituída por una larga playa arenosa que mira al Océano (playa del Canido) y que termina en el Monte Fox, cuyas rocas separan dicha playa de la embocadura del río de la Ramallosa. Cruzado éste, se encuentra otra playa denominada de la Ramallosa hasta Nuestra Señora del Burgo, pequeña península que forma una verdadera isla en las altas mareas. Entre ella y el pueblo de Bayona hay otra pequeña playa, como también pasada la población, hasta la península que recibe el nombre de castillo de Monte-Real. Todo el contorno de dicho castillo, tanto por la parte de la bahía como del Océano, está formado de grandes peñascos rodados unos sobre otros, excepto en dos sitios, uno por la parte interior (playa de la Barbeira), y otro fuera (playa de la Concheira), ambas á poca distancia del pueblo. Desde la playa de la Concheira sigue la costa toda pedregosa, con alguna pequeña playa, hasta Cabo Silleiro, al Norte del cual se distinguen á lo lejos las islas Cies, situadas frente á la entrada de la ría de Vigo. Desde Cabo Silleiro continúa la costa casi en línea recta hasta La Guardia, pueblo situado cerca de la desembocadura del río Miño, que separa España de Portugal.

Las aguas de la bahía son limpias y claras en toda ella, puesto que la amplia comunicación que presenta al Oeste con el Atlántico permite su fácil renovación y que lleguen á rom-

perse directamente las olas sobre la playa del Canido. El castillo de Monte-Real protege del oleaje directo del Océano á la parte Sur de la bahía, es decir, lo que forma el puerto de Bayona, la playa de la Barbeira, Nuestra Señora del Burgo y la playa de la Ramallosa, así que en estos sitios está el agua más tranquila. La profundidad no excede de 7 brazas, pues es necesario salir fuera del castillo de Monte-Real y de la Estela de tierra para encontrar 15, 17 y 20 brazas de fondo. Este se halla constituído dentro de la bahía por arena limpia, por piedra ó por roca cerca de la entrada, y en ciertos sitios por arena algo fangosa, vegetando además en algunos parages gran cantidad de plantas marinas.

El terreno que rodea á Bayona y su bahía es montuoso, excepto en los pueblecitos denominados Savariz y Santa Cristina de la Ramallosa, que están situados en una llanura inmediata á la playa de la Ramallosa: la parte próxima á la población es granítica, lo mismo que el castillo de Monte-Real y toda la costa hasta la frontera portuguesa, pero pertenece al terreno metamórfico la que constituye la porción Norte de la bahía, donde se halla el pueblo del Panjón, según indica Verneuil en su mapa geológico de España.

El clima es suave y la temperatura no experimenta oscilaciones bruscas, por lo cual viven perfectamente al aire libre los geranios y otras plantas que hay necesidad de resguardar de los fríos del invierno en la meseta central de las dos Castillas.

Estas son las particularidades del puerto de Galicia donde encontré las 125 especies de moluscos que á continuación enumero, parte de las cuales recogí también en Vigo, en el mismo mes y año, por lo cual verá indicada el lector esta localidad en varios sitios de mi catálogo.

II.—Moluscos de Bayona.

1.—*Anomia Ephippium*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 67 *fig.* 4, y *lám.* 66, *figura* 5.

Bayona. Dentro del puerto, adherida á las piedras sumergidas. En la playa de la Ramallosa abundan valvas sueltas de esta especie, iguales á la *figura* 4 de la *lámina* 66 de mi obra.

Vigo. En las mismas condiciones que en Bayona.

2.—*Pecten maximus*, Linné (*Ostrea*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám*, 34, *fig*. 1.

Bayona. Sacado un ejemplar entre las redes de los pescadores, de 130 milímetros en su mayor dimensión, y recogido otro pequeño, durante una marea muy baja, entre las rocas que hay á la derecha del muelle. Este último es de color rosado intenso en el centro de la valva más convexa. Nombre vulgar, *Vieiras*.

En *Vigo* venden en el mercado las valvas convexas de esta especie.

3.—*Pecten varius*, Linné (*Ostrea*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám*. 35, *fig*. 4.

Bayona. Entre las rocas que hay á la derecha del muelle, en las mareas muy bajas. Nombre vulgar, *Conchilianas*. Son por lo regular de color negruzco los ejemplares recogidos; uno, sin embargo, tiene encarnados los ganchos y manchas de un gris-amarillento sobre el fondo oscuro de la concha.

4.—*Pecten opercularis*, Linné (*Ostrea*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám*. 36, *fig*. 2.

Bayona. Entre las rocas que hay á los lados del muelle, en las mareas muy bajas.

5.—*Mytilus edulis*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám*. 25, *fig*. 3, y *lám*. 26, *figura* 3.

Bayona. Adherido á las rocas que hay fuera del puerto, en tal abundancia, que algunas se hallan casi cubiertas por este molusco. Hay muchos ejemplares que tienen corroída la concha cerca de los ganchos, como en la *figura* 3 de la *lámina* 25 antes citada.

6.—*Arca diluvii*, Lamarck.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám*. 68, *figs*. 3, 4.

Bayona. Sacada una sola valva entre las redes de los pescadores, de tamaño algo mayor que la figura citada de mi obra

7.—*Pectunculus Glycymeris*, Linné (*Arca*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 72, *fig.* 8.

Bayona. Fuera del puerto, enterrado en la arena. Muchas valvas sueltas en la playa de la Concheira.

8.—*Woodia digitaria*, Linné (*Tellina*).

Reeve, Conch. icon. Lucina, *fig.* 65.

Bayona. Recogida una sola valva en la playa de la Concheira. Presenta nueve radios desiguales de un rojizo claro.

9.—*Lucina borealis*, Linné (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 74, *fig.* 7.

Bayona. Valvas sueltas en la playa de la Concheira.

10.—*Lucina leucoma*, Turton.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 74, *fig.* 5.

Bayona. Dragada á poca profundidad, en fondo de arena, dentro del puerto.

11.—*Lucina divaricata*, Linné (*Tellina*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 74, *fig.* 6.

Bayona. Dragado un ejemplar, en fondo de arena, dentro del puerto.

12.—*Cardium paucicostatum*, Sowerby.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 37, *fig*, 4.

Bayona. Entre la arena, á poca profundidad, dentro del puerto.

13.—*Cardium tuberculatum*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 38, *fig.* 1 y 3.

Bayona. Vive dentro del puerto enterrado en la arena. Los ejemplares recogidos son de mayor tamaño que las figuras citadas, pero semejantes en sus caracteres. *Vigo.*

14.—*Cardium Norvegicum*, Spengler.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 40, *fig.* 2.

Bayona. Recogido un ejemplar joven y mucho más pequeño que la figura que cito. Fué encontrado en fondo de arena, dentro del puerto.

15.—*Cardium edule*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 39, *fig.* 4 y 5.

Bayona y *Vigo.* Especie muy común, que se conoce en el primer puerto con el nombre vulgar de *Ververechos*, y en el segundo con el de *Croques*. Vive entre arena ó entre fango, á

poca profundidad, especialmente en los sitios en que hay mezcla de agua dulce y agua salada. Varía la coloración de los ejemplares; ya son de un blanco sucio, ya de color rojizo, ó bien blancos con el area de color rojizo bien pronunciado.

16.—*Cardium papillosum*, Poli.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 40 *a*, *fig.* 1.

Bayona. Dentro del puerto, en fondo de arena. Sólo hallé un ejemplar pequeño.

17.—*Cardium exiguum*, Gmelin.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 40 *a*, *fig.* 3 y 4.

Bayona. Dragado á poca profundidad, dentro del puerto.

18.—*Dosinia exoleta*, Linné (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 7, *fig.* 1 á 4.

Común en *Vigo*, más escasa en *Bayona*. En ambos puntos vive entre las rocas, enterrada en la arena, y se puede recoger fácilmente en la baja marea.

Encontré *todas* las variedades que he descrito y figurado en mi obra y además otra blanquecina, con pequeñas manchas triangulares de color de castaña, separadas ó reunidas, ya en radios, ya en zonas transversales, sistema de coloración que es frecuente en muchas especies del género *Circe*. Algunos ejemplares tienen las líneas angulosas dispuestas exactamente lo mismo que en la *Circe ornata*, Lamk. (Reeve, Conch., icon. Circe, *fig.* 27.)

19. *Dosinia lincta*, Pulteney (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 21, *fig.* 3 y *lám.* 8, *figuras* 4, 5. (*Dosinia lunaris*, Lamarck.)

Vigo. Bastante común en la arena de las playas. No me queda duda alguna sobre la identidad de la *Dosinia lincta* del Océano y las *Dosinia modesta* y *lunaris* del Mediterráneo, porque entre los ejemplares recogidos en Vigo, los hay que convienen perfectamente con las figuras que cito de mi obra, correspondientes á las tres supuestas especies.

Bayona. En unión de la *Venus verrucosa*.

20. *Cytherea minima*, Montagu (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 26, a. *figs.* 4, 5, 7.

Bayona. Encontradas valvas sueltas y un ejemplar pequeño, completo, en la playa de la Concheira.

21. *Venus verrucosa*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 22, *figs.* 3 y 4.

Bayona y *Vigo*. En el primer punto se encuentra al pie del monte Fox, enterrada en la arena, entre las rocas. Los ejemplares son de un blanco sucio y no presentan tan marcadas las manchas oscuras como los individuos del Mediterráneo.

22. *Venus Casina*, Linné.

Reeve, Conch. icon. Venus, *fig.* 15.

Bayona. Sólo hallé tres ejemplares completos, aunque pequeños, en la playa de la Concheira, donde no son raras las valvas sueltas de individuos adultos, que convienen con la figura de Reeve. Los dibujos de mi obra están hechos por la variedad del Mediterráneo, y por eso difieren algo.

23. *Venus Gallina*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 24, *figs.* 2 y 3.

Bayona. Dragados tres ejemplares, en fondo de arena, frente á la playa de la Concheira. Corresponden á la variedad de la *Venus Gallina*, publicada por Da Costa, con el nombre de *Pectunculus striatulus*.

24. *Venus fasciata*, Da Costa (*Pectunculus.*)

Sowerby, Ind. Brit. Shells, *lám.* 4, *fig.* 14.

Bayona. En la playa de la Concheira hay multitud de valvas sueltas de esta especie, pero los ejemplares completos se encuentran dentro de la arena, á cierta profundidad, alrededor de la base de las rocas. Los individuos del Mediterráneo tienen más salientes las costillas transversales, y á ellos se refieren las figuras de mi obra (*lám.* 24, *figs.* 5 á 12.)

Las variedades por mí halladas en Bayona, son: 1, *alba, unicolor.*—2, *alba, rufo radiata.*—3, *spadicea, unicolor.*—4, *fulva, fusco radiata.*—5, *spadicea, albo radiata.*—6, *aurantia, unicolor.*—7, *aurantia, fusco radiata.*—8, *intense roseo-purpurea, unicolor.*—9, *albida, lineis roseis confertim radiata.*—10, *albida, fusco radiata et angulatim lineata.*—11, *roseo-purpurea, fusco radiata.*

25. *Venus ovata*, Pennant.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 73, *fig.* 1.

Bayona. Valvas sueltas en la playa de la Concheira. Los

ejemplares vivos se encuentran fuera del puerto, á poca profundidad, en fondo de arena.

26. *Tapes decussatus*, Linné (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 42, *fig.* 1, 2, 3, 6.

Bayona y *Vigo*. Especie común que se encuentra enterrada en la arena de las playas, alrededor de las rocas; en Bayona principalmente en la desembocadura del río de la Ramallosa. Nombre vulgar, *Almeixas*.

Varía mucho en su coloración: los individuos que recogí convienen con las figuras que cito, pero además de estas variedades encontré una enteramente blanquecina y otra de este mismo color, con 4 radios formados de pequeñas manchas rojizas.

Uno de los ejemplares de Vigo es de gran tamaño, pues mide 70 milímetros de longitud.

27. *Tapes Senegalensis*, Gmelin (*Venus*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 43, *figs.* 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 47, A. *fig.* 8.

Bayona y *Vigo*. Vive en unión del *Tapes decussatus*, y es tan abundante como él. Encontré variedades que corresponden á todas las figuras citadas y otras cuatro más. La primera de ellas tiene una coloración análoga á la de la *fig.* 3 de mi *lám.* 42 (*Tapes decussatus*); la segunda y tercera á la de las *figs.* 7 y 11 de mi *lám.* 44 (*Tapes geographicus*). La que presenta semejanza de coloración con la *fig.* 7, es al mismo tiempo tan parecida por la forma y tamaño, que pudiera ser muy exacta la opinión de Jeffreys que considera como una misma especie á los *Tapes Senegalensis* y *geographicus*. La cuarta, finalmente, es blanquecina con la extremidad posterior de color amarillo rojizo. Los ejemplares muy enanos son los representados en la *lám.* 47, A. *fig.* 8.

28. *Tapes rhomboides*, Pennant (*Venus*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 44, *fig.* 1.

Bayona. Arrojada viva por el mar en la playa de la Concheira.

29. *Tapes aureus*, Gmelin (*Venus*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 46, *figs.* 1 á 6 y 45, A. *figs.* 3, 4, 6.

Bayona y *Vigo*. Especie común, que vive enterrada en la

arena de las playas: en *Bayona*, alrededor de las rocas, al pie del monte Fox. Nombre vulgar, *Almeixa*.

30. *Venerupis Irus*, Linné (*Donax*).

Deshayes, Traité Conch., *lám.* 12, *figs.* 16-18.

Bayona. Encontrado un ejemplar muerto en la playa de la Concheira. Es de color de rosa interior y exteriormente.

31. *Donax Trunculus*, Linné.

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 48, *figs.* 1, 2, 4 y *lám.* 81, *figuras* 4, 5.

Bayona. Especie común en la desembocadura del río de la Ramallosa. Vive enterrada en la arena de la playa. Nombre vulgar, *Cadeluchas*.

Ejemplares de mayor tamaño que las figuras citadas (44 milímetros), y con la extremidad posterior más prolongada y angulosa.

32. *Psammobia vespertina*, Chemnitz (*Lux*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 70, *figs.* 1 y 2.

Bayona y Vigo. En el primer punto la dan el nombre vulgar de *Escarola* y se encuentra en la desembocadura del río de la Ramallosa, enterrada en la arena de la playa.

33. *Psammobia tellinella*, Lamarck.

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 42, *fig.* 1.

Bayona. Dragada fuera del puerto, frente al castillo de Monte-Real. La coloración es blanquecina, rojiza ó morada, según los ejemplares, siendo ó no perceptibles los radios de color de rosa.

34. *Psammobia Ferroensis*, Chemnitz (*Tellina*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 70, *figs.* 6, 7.

Bayona. Recogido un ejemplar joven, pero vivo, en el mismo sitio que la *Psammobia vespertina*.

35. *Tellina crassa*, Pennant.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 20, *figs.* 1 y 2.

Bayona. Dragada fuera del puerto, en fondo de arena. Unos ejemplares son blancos del todo; otros presentan los radios de color de rosa.

36. *Tellina tenuis*, Da Costa.

Hidalgo, loc, cit., *lám.* 57, *figs.* 8 y 57, B, *figs.* 2 y 3.

Bayona y *Vigo*. Encontradas las tres variedades de colo-

ración que he figurado, entre la arena de las playas. En Bayona, en la desembocadura del río de la Ramallosa.

37. *Tellina donacina*, Linné.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 20, *figs.* 3, 4.

Bayona. Sólo encontré valvas sueltas de esta especie en la playa de la Concheira.

38. *Tellina pygmæa*, Philippi.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 19, *figs.* 6, 7.

Bayona. Dragados algunos ejemplares pequeños, fuera del puerto, frente al castillo de Monte-Real.

39. *Fragilia fragilis*, Linné (*Tellina*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 48, *fig.* 11.

Bayona. Un ejemplar de mayor tamaño y más prolongado posteriormente que la figura que cito. Vive esta especie enterrada en la arena.

40. *Scrobicularia plana*, Da Costa (*Trigonella*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 15, *fig.* 5.

Bayona. Enterrada en el fango, en la playa de Savariz. *Vigo.*

41. *Syndosmya alba*, Wood (*Mactra*).

Sowerby, Ind. Brit. Shells, *lám.* 2, *fig.* 22.

Bayona. Dragado un ejemplar pequeño, dentro del puerto, en fondo de arena.

42. *Mesodesma cornea*, Poli (*Mactra*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 15, *figs.* 12 y 13.

Bayona. Recogidos algunos ejemplares de las variedades que cito en la desembocadura del río de la Ramallosa. Vive enterrada en la arena de la playa.

43. *Mactra stultorum*, Linné (*Cardium*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 31, *fig.* 1.

Bayona. Vive enterrada en la arena, á poca profundidad.

44. *Mactra solida*, Linné (*Cardium*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 30, *figs.* 5, 6.

Bayona. Dragados un ejemplar mayor que las figuras que cito, y 30 ó 40 jóvenes, á la profundidad de 4 ó 5 brazas, en fondo de arena, frente al Castillo de Monte-Real, fuera del puerto. En la playa de la Concheira, hay millares de valvas sueltas de esta especie.

45. *Lutraria oblonga*, Chemnitz (*Mya*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 6, *fig.* 1.

Bayona y *Vigo*. En el primer punto encontré un ejemplar completo, pero muerto, en la playa de la Barbeira; en el segundo, un individuo con el animal, pero joven. Esta especie vive en el fango.

46. *Lutraria elliptica*, Lamarck.

Sowerby, Ind. Brit. Shells, *lám.* 4, *fig.* 2.

Bayona. Vive enterrada en el fango, á poca profundidad. Los ejemplares hallados son jóvenes, por lo cual son de coloración pálida y tienen más fina y caediza la epidermis.

47. *Eastonia rugosa*, Chemnitz (*Mactra*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 6, *fig.* 3.

Bayona y *Vigo*. He recogido ejemplares de gran tamaño, pues alguno mide más de 90 milímetros de longitud. Esta especie habita en el fango, á cierta profundidad, y sólo se encuentra viva en las playas después de fuertes temporales.

48. *Ceratisolen Legumen*, Linné (*Solen*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 28, *fig.* 4.

Bayona. Enterrado en la arena de las playas.

49. *Ensis Siliqua*, Linné (*Solen*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 28, *fig.* 3.

Vigo. Enterrado en la arena de las playas. Nombre vulgar, *Longueiron*. En *Bayona* sólo hallé valvas sueltas en las playas.

50. *Ensis Ensis*, Linné (*Solen*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 28, *fig.* 2.

Vigo. En las mismas condiciones y con el mismo nombre vulgar que la especie anterior. En *Bayona* encontré valvas sueltas en la playa de la Barbeira.

51. *Solen marginatus*, Pulteney.

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 28, *fig.* 1 (*Solen vagina*).

Bayona y *Vigo*. Nombre vulgar, *Longueiron*. Enterrado entre la arena de las playas.

52. *Dentalium Tarentinum*, Lamarck.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 57, *fig.* 12.

Bayona. Recogidos con la draga dos ejemplares, fuera del puerto, frente al Castillo de Monte-Real. Uno de ellos es

blanquecino y conviene con la figura de Forbes; el otro con la *fig.* 20 de la *lám.* 224 del *Thesaurus conchyliorum* de Sowerby, pero es de color rosado.

53. *Chiton fulvus*, Wood.

Reeve, Conch. iconica, Chiton, *fig.* 39.

Bayona. Dos ejemplares mayores que el figurado por Reeve, sacados entre las redes de los pescadores.

54. *Chiton marginatus*, Pennant.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 58, *fig.* 1.

Bayona. Adherido á las rocas, dentro del puerto, al pie del Castillo de Monte-Real. Sólo recogí un ejemplar.

55. *Chiton discrepans*, Brown.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 58, *fig.* 4.

Bayona. Sobre las rocas que hay á la falda del Castillo de Monte-Real, dentro del puerto. Varía el color de los pinceles ó manojitos de filamentos que hay á uno y otro lado de las valvas, pues son amarillentos, verdosos ó azulados según los ejemplares.

56. *Patella aspera*, Lamarck.

Hidalgo, Mol. marin. España, *lám.* 53, *figs.* 1, 2, 5 y 6.

Bayona y *Vigo.* Sobre las rocas que deja á descubierto la marea. Se distingue bien de la *Patella vulgata*, no sólo por la forma más prolongada de la concha y el reflejo ligeramente nacarado del interior, sino también por el color del animal; éste tiene blanquecinos el pie y los tentáculos, que son oscuros en el animal de la *Patella vulgata.* Además la concha de la *Patella aspera* está casi siempre cubierta de una alga filamentosa adherente, lo cual no se observa en la otra especie. Los ejemplares que hemos recogido, semejantes á nuestras *figs.* 5 y 6, tienen el interior de un color naranjado vivo, que existe también en la parte más profunda de algunos de los que convienen con las *figs.* 1 y 2. Otra variedad de esta concha, ofrece al exterior diez costillas más gruesas, dispuestas de la misma manera que en los ejemplares de la *Patella vulgata*, representados en las *figs.* 7 y 8, de la *lám.* 53 de mi obra.

57. *Patella vulgata*, Linné.

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 52, *figs.* 1-8 y 53, *figs.* 7, 8.

Bayona y *Vigo*. Muy común sobre las rocas que deja á descubierto la marea. Vulgarmente *Lapas*. Encontré todas las variedades que he figurado en mi obra y que arriba cito.

58. *Helcion pellucidum*, Linné (*Patella*).

Sowerby, Index Brit. Shells, *lám.* 10, *fig.* 20.

Bayona. Entre las plantas marinas adherentes á rocas que no deja al descubierto la marea, en la playa de la Concheira. Son pequeños y bastante convexos los ejemplares de esta localidad.

59. *Tectura virginea*, Müller (*Patella*).

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 58, *fig.* 4.

Bayona. Encontrado un ejemplar en la playa de la Concheira.

60. *Fissurella græca*, Linné (*Patella*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 63, *fig.* 4. (*Fiss. reticulata.*)

Bayona. En baja mar, adherida á las rocas del muelle, dentro del puerto. Rara.

61. *Fissurella gibberula*, Lamarck.

Reeve, Conch. iconica, Fissurella, *fig.* 119.

Bayona. Recogido un ejemplar muerto en la playa de la Concheira.

62. *Haliotis tuberculata*, Linné.

Hidalgo, Mol. mar. Fspaña, *lám.* 29, *figs.* 1, 3.

Bayona. En las mareas muy bajas, entre las rocas que hay á uno y otro lado del muelle. Vulgarmente *Peneiras*.

63. *Trochus Magus*, Linné.

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 64, *fig.* 9.

Bayona. Recogí tres ejemplares vivos, de color blanquecino uniforme, entre las piedras que hay á la izquierda del muelle, durante una marea muy baja. Difieren por su coloración y tamaño de las otras figuras que doy de esta especie en mi obra.

64. *Trochus Zizyphinus*, Linné.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 67, *figs.* 5 y 6.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 59, *figs.* 4 y 5.

Bayona. Entre las piedras que dejan á descubierto las mareas muy bajas, á uno y otro lado del muelle. *Vigo*. Cer-

ca del faro. He recogido dos ejemplares del tipo de la especie, aunque pequeños, y muchos de la variedad *conuloides* Lamarck, parecidos á las figuras que cito de mi obra.

65. *Trochus lineatus*, Da Costa (*Turbo*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 61, *fig.* 1.

Bayona. Sobre las rocas que quedan al descubierto en la baja mar, dentro y fuera del puerto. Vulgarmente. *Caramuxos. Vigo.*

66. *Trochus sagittiferus*, Lamarck.

Hidalgo, Mol. mar. España. *lám.* 60, *figs.* 2-4.

Bayona. En las rocas que deja al descubierto la marea, dentro y fuera del puerto. En esta localidad no es muy abundante, pero sí lo es en otras de la costa del Norte de España, donde le he encontrado. Tengo ejemplares en mi colección de San Sebastián, Guetaria, Zumaya, Saturrarán, Santander, Gijón y Ferrol, y en dichos sitios vive en iguales condiciones que en Bayona.

Fischer, en la pág. 262 de la monografía del género Trochus del Kiener, refiere mis figuras al *Trochus citrinus*, Philippi. Como ninguno de los ejemplares que he hallado en el Norte de España, conviene con las palabras «*lutea, strigis obliquis nigris in ziczac flexis ornata..... columella compressa, valde sinuata*» de la descripción de Philippi (Chemnitz, 2.ª edición, Trochus, pág. 290), ni tampoco con la *fig.* 14 de la *lám.* 42 de dicha obra, pues son más pequeños, no tienen la columnilla tan saliente, ni blanca del todo la base de la última vuelta, y como por otro lado corresponden tan exactamente algunos de los individuos que poseo á la descripción de Lamarck, que no hay carácter de ella que falte en los mismos, no puedo adoptar la opinión de Fischer y creo que he denominado bien los ejemplares de España al llamarlos *Trochus sagittiferus*, Lamarck. Comparen además los lectores la figura típica del *Trochus sagittiferus*, Lamarck. (Delessert, Recueil, *lám.* 36, *fig.* 1, a), con la *fig.* 7, *lám.* 60 de mi obra, y luego con las que dá Fischer de la misma especie, *lám.* 59, *fig.* 3 y *lám.* 103, *fig.* 4, y me parece encontrarán más semejanza entre la mia y la del Delessert, que entre las de Fischer y la de dicho autor.

El *Trochus sagittiferus*, Lamarck, es una especie variable y bien distinta del *Trochus lineatus*, Da Costa, con el cual le he encontrado siempre en todas las localidades del Norte de España que antes cito. En algún individuo, de menor tamaño y espira poco elevada, se distinguen las manchas sagitiformes, negruzcas ó de un rojo sanguíneo, según el estado de conservación de los ejemplares; en otros, no presentan esta forma, sino que son oblongas al través, y entonces se parecen al *Trochus sauciatus*, Koch (Chemnitz, 2.ª edición, Trochus, *lámina* 30, *fig.* 5), con manchas ó sin manchas verdoso-oscuras por la parte exterior de la callosidad de la base (véanse mis figuras). Hay individuos con líneas oblicuas y de espira poco elevada; otros tienen ésta más alta, son de mayor tamaño, y presentan líneas finas en ziczac y una mancha oscura en la base, alrededor de la columnilla, conviniendo mejor con la descripción y figura del *Trochus variegatus*, Anton (Chemnitz, 2.ª edición, Trochus, *lám.* 24, *fig.* 5). Es, pues, muy probable que sean variedades de una misma especie los *Trochus sagittiferus*, Lamk, *sauciatus* Koch y *variegatus* Anton, debiéndose reunir bajo la primera de estas denominaciones, que es la más antigua.

67. *Trochus umbilicatus*, Montagu.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 61, *fig.* 9 á 11.

Bayona. Dentro y fuera de la bahía, sobre las rocas que deja la mar á descubierto. *Vigo.* Además del tipo encontré una variedad de coloración más oscura, con el ombligo casi cerrado, á que dió Philippi el nombre de *Trochus Pennanti* (Martini et Chemnitz, 2.ª edición, Trochus, *lám.* 34, *fig.* 10) y otra que presenta manchas encarnadas en vez de líneas, como en las *figs.* 1 y 2 de la *lám.* 64 de mi obra.

68. *Trochus cinerarius*, Linné.

Hidalgo, loc. cit. *lám.* 64, *figs.* 10 á 12.

Bayona. Debajo de las piedras que hay á la izquierda del muelle, en las mareas muy bajas. Varía mucho la altura de la espira en los individuos de esta especie, como también el ancho y número de las líneas oscuras longitudinales. Las *figs.* 13 á 15 de la *lám.* 64 de mi obra representan un ejemplar de espira muy alta, procedente de la costa de Portugal.

69. *Trochus tumidus*, Montagu.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 65, *figs.* 8, 9.

Bayona. Recogidos tres ejemplares muertos en la playa de la Concheira.

70. *Trochus striatus*, Linné.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 66, *figs.* 5 y 6.

Bayona. Dentro del puerto, á poca profundidad, sobre las plantas marinas que hay en el fondo.

71. *Trochus exasperatus*, Pennant.

Philippi, Martini y Chemn. 2.ª edición, Trochus, *lám.* 13, *fig.* 16.

Bayona. Sólo encontré algunos ejemplares muertos en la playa de la Concheira.

72. *Phasianella pulla*, Linné (*Turbo*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 69, *figs.* 1 á 3.

Bayona. Entre las plantas marinas, fuera y dentro del puerto. Varía la coloración de esta especie; hay ejemplares rojizos—blanquecinos, con puntos oscuros muy pequeños—negros, con líneas oblicuas blanquecinas en la base de la última vuelta—rosados, con fajas transversales articuladas de blanco y negro, etc., etc.

73. *Turbonilla elegantissima*, Montagu (*Turbo*).

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 73, *fig.* 3 (*Odostomia lactea*).

Bayona. Sólo hallé un ejemplar muerto en la playa de la Concheira.

74. *Eulima polita*, Linné (*Turbo*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 92, *fig.* 2.

Bayona. Dragados unos ejemplares fuera del puerto, frente al castillo de Monte-Real, en fondo de arena.

75. *Scalaria communis*, Lamarck.

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 70, *figs.* 9 y 10.

Bayona. Encontrado un ejemplar en la playa de la Concheira.

76. *Natica glaucina*, Linné (*Nerita*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 20, B, *figs.* 8 y 9.

Bayona. Algo abundante, pero muerta, en la playa de la Concheira.

77. *Natica monilifera*, Lamarck.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 20, A. *figs.* 3 y 4.

Bayona. Vive á poca profundidad entre la arena. Los ejemplares muertos son algo abundantes en la playa de Savariz ó de la Ramallosa.

Opérculo corneo. Una variedad es rojiza, excepto alrededor del ombligo, donde tiene color blanquecino.

78. *Calyptræa Chinensis,* Linné (*Patella*).

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 60, *figs.* 1 y 1, a.

Bayona. Dentro del puerto, en aguas tranquilas, adherida á las piedras sumergidas, á conchas muertas, etc. Ejemplares blancos ó de un rojizo parduzco y generalmente lisos; alguno, sin embargo, presenta las pequeñas escamitas que se indican en las figuras de Jeffreys.

79. *Barlecia rubra,* Montagu (*Turbo*).

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 69, *fig.* 4.

Bayona. Fuera del puerto, al pie del castillo de Monte-Real, entre las plantas marinas.

80.—*Rissoa cancellata,* Da Costa (*Turbo*).

Jeffreys, Brit., Conch., *lám.* 66, *fig.* 3.

Bayona. Sólo he recogido ejemplares muertos de esta especie en la playa de la Concheira, pero conservan bien sus caracteres.

81.—*Rissoa costulata,* Alder.

Schwartz, Mon. Rissoa, *lám.* 3, *fig.* 32 (*Rissoa subcostulata.*)

Var. *Rissoa Guerini,* Recluz, Schwartz, *lám.* 3, *fig.* 34.

Bayona. Dentro del puerto, entre las plantas marinas.

La *Rissoa Guerini* sólo se diferencia del tipo en las líneas oscuras anguloso-flexuosas que presenta en sentido longitudinal.

82.—*Rissoa membranacea,* Adams (*Turbo*).

Schwartz, Mon. Rissoa, *lám.* 1, *fig.* 7.

Bayona. Dentro del puerto, entre las plantas marinas.

83.—*Rissoa rufilabrum,* Leach. (*Persephona.*)

Schwartz, Mon. Rissoa, *lám.* 3, *fig.* 41.

Bayona. Dentro del puerto, entre las plantas marinas.

Jeffreys, en su British Conchology, dá esta especie como la *Rissoa violacea,* Desmarest.

84.—*Solarium conulus*, Weinkauff.

Bucquoy et Dautzenberg, Moll. Roussillón. *lám.* 28, *figuras* 16 á 19. (*Solarium hybridum.*)

Bayona. Encontrado un ejemplar muerto en la playa de la Concheira.

85.—*Lacuna pallidula*, Da Costa (*Nerita*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll, *lám.* 73, *fig.* 1 y 2.

Var. id., *lám.* 73, *fig.* 3 y 4 (*Lacuna patula.*)

Bayona. Fuera del puerto, entre las plantas marinas adherentes á las rocas que hay al pie del castillo de Monte-Real. Sólo se pueden encontrar en las mareas bajas. He hallado las dos variedades de coloración que se indican en la obra de Forbes. En los ejemplares jóvenes es estrecha la columnilla, y á veces apenas se distingue la perforación umbilical; en los adultos es ancha y presenta un canal profundo, que termina en la perforación.

86.—*Littorina rudis*, Maton (*Turbo*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 89, *figs.* 1, 2, 7, 8, 10 y 11.

Bayona. Muy común sobre las rocas que quedan sin cubrir por el agua del mar la mayor parte del día.

Esta especie es muy variable; unos ejemplares son lisos ó apenas estriados al través; otros tienen cordones transversales salientes y más ó menos irregulares. Hay individuos de color blanquecino, como igualmente verdosos ó de un amarillo de azufre; algunos son de un blanquecino-verdoso sucio con líneas negras al través, y en otros son estas líneas encarnadas sobre un fondo rojizo ó naranjado. La *Littorina nigrolineata* Gray, es solo una variedad de coloración de esta especie, así como otras Littorinas publicadas como distintas por los antiguos naturalistas de Inglaterra.

La var. *nigrolineata* (*fig.* 1 y 2) se encuentra de preferencia fuera del puerto, en las rocas de la playa de la Concheira, y las otras variedades dentro, en las rocas próximas á la playa de la Barbeira, al monte Fox, á la isla de Santa Marta, etc.

87.—*Littorina obtusata*, Linné (*Turbo*).

Hidalgo, loc. cit., *lám.* 89, *figs.* 15 á 19.

Bayona y *Vigo.* Entre las plantas marinas que deja la

baja mar á descubierto. Hay individuos de color amarillento, rojizo ó negruzco.

88.—*Littorina neritoides*, Linné (*Turbo*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 84, *fig.* 2.

Bayona. Adherida á las rocas, en la playa de la Concheira, y por la parte exterior del castillo de Monte-Real. Vive fuera del agua, pero las rocas en que se encuentra son mojadas ó salpicadas por aquella en las mareas altas. *Vigo.* En las mismas condiciones.

89.—*Littorina littorea*, Linné (*Turbo.*)

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 83, *figs.* 8 y 9.

Bayona y *Vigo.* Sobre las rocas que deja á descubierto la marea. Común. Encontré ejemplares de coloración negruzca uniforme, y otros rojizos con líneas y zonas negras transversales, iguales á los representados en la obra de Forbes.

90.—*Turritella triplicata*, Brocchi (*Turbo*).

Reeve, Conch. icon. Turritella, *fig.* 43 *a.*

Bayona. Sólo hallé ejemplares muertos de esta especie dentro de la bahía, entre las rocas que hay al pie del castillo de Monte-Real. La figura de Reeve representa un ejemplar algo joven, pues los de Bayona son de mayor tamaño.

91.—*Cerithium reticulatum*, Da Costa (*Strombiformis.*)

Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 91, *figs.* 1 y 2.

Bayona. Dentro del puerto, entre las plantas marinas del fondo. Abundante.

92.—*Chenopus pes-pelicani*, Linné (*Strombus*).

Jeffreys, Brit. Conch. tomo V., *lám.* 80, *fig.* 1.

Bayona. Se encuentran ejemplares muertos de esta especie en la playa de la Concheira, ó entre las rocas que hay á la falda del castillo de Monte-Real. El ejemplar vivo que poseo de Bayona salió entre las redes de los pescadores, y tiene cortas y obtusas las digitaciones del borde derecho, por lo cual es más parecido al que figura Jeffreys de los mares de Inglaterra, que á los dibujos de mi obra, hechos por individuos procedentes del Mediterráneo.

93.—*Erato lævis*, Donovan (*Voluta*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 18, *fig.* 4.

Bayona. Sólo encontré ejemplares sin el animal, pero bien conservados, en la playa de la Concheira.

94.—*Cypræa europæa*, Montagu.

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 11, *figs.* 5 y 6, y *lámina* 11 *A*, *fig.* 3.

Bayona. Común en la playa denominada la Concheira. Los ejemplares vivos sólo se encuentran á seis ú ocho brazas en fondo de arena, fuera de la bahía. Vulg. *Margaritas.*

95.—*Ovula Spelta*, Linné (*Bulla.*)

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 20 *C*, *fig.* 5.

Bayona. Encontrado un ejemplar muerto y rodado en la playa de la Concheira. Conviene con la figura que cito, pero es de color de rosa, por haber desaparecido la capa exterior á causa del rozamiento. Aunque esta especie es principalmente mediterránea, es posible que se halle viva en el Atlántico en la costa Noroeste de España, como parece indicarlo el ejemplar por mí recogido, y el haber sido ya encontrada por M. Mac Andrew en las islas Canarias.

96.—*Cassis Saburon*, Bruguiere (*Cassidea*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 3, *figs.* 2 y 3.

Bayona. Se encuentra algún ejemplar muerto en los mismos sitios que el *Chenopus pes-pelicani.* Estas especies salen vivas en las redes de arrastre de los pescadores.

97.—*Ranella gigantea*, Lamarck.

Reeve, Conch. icon. Ranella, *fig.* 3.

Bayona. Dos ejemplares vivos y adultos, pero de pequeño tamaño, sacados entre las redes de los pescadores. Sus tubérculos son pequeños y bastante regulares, por lo cual convienen mejor con la figura de Reeve que con la de mi obra sobre los moluscos marinos de España (*lám.* 19, *fig.* 5.) Esta representa una variedad de tubérculos grandes y menos numerosos, procedente de Cádiz.

98. *Triton cutaceus*, Linné (*Murex*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 56. *figs.* 7 y 8.

Bayona. No he podido recoger más que ejemplares muertos, fuera de la bahía, entre las rocas que hay al pie del castillo de Monte-Real.

99.—*Triton nodiferus*, Lamarck.

Hidalgo, loc. cit. *lám.* 18, *fig.* 1.

Bayona. Vive en el fondo de la bahía, de donde es sacado por las redes de los pescadores. Vulg. *Bocina* ó *Bucina.*

100.—*Lachesis minima.* Montagu (*Buccinum*).

Forbes et Hanley, Brit. Moll. *lám.* 101, *figs.* 7 y 8.

Bayona. Encontrados algunos ejemplares muertos en la playa de la Concheira.

101.—*Purpura lapillus*, Linné (*Buccinum*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 27, *fig.* 3 á 8 y *lám.* 27. A. *fig.* 1-4 y 6.

Bayona. Común dentro de la bahía, en las rocas que deja al descubierto la baja mar, sobre todo al pie del castillo de Monte-Real y del Monte Fox. Vulg. *Caramelas. Vigo.* A la derecha de la población en las rocas que hay al pie del Faro.

Especie muy variable en la forma, escultura y color, como igualmente en los caracteres del borde derecho, que unas veces es completamente liso y otras dentado. He recogido ejemplares que convienen con todas las figuras que cito de mi obra y además otras dos variedades: una, provista de pequeñas escamas (*Purpura imbricata,* Lamarck) y otra, de color amarillo ó naranjado (Kiener, Spec. coquill. Purpura, *figura* 77, K.).

102.—*Murex erinaceus*, Linné.

Hidalgo, loc. cit. *lám.* 13, *fig.* 6.

Bayona. Dentro de la bahía, entre las rocas que hay á la falda del castillo de Monte-Real. Vulg. *Cornetas. Vigo.* En las rocas próximas al Faro. Unos ejemplares son de color blanquecino; otros tienen dos zonas oscuras transversales.

103.—*Murex aciculatus*, Lamarck.

Philippi, Moll. Siciliæ, *lám.* 25, *fig.* 29 (*Fusus coralinus*).

Bayona. Dragado á dos ó tres brazas, en fondo de algas, dentro de la bahía. Son bastante grandes los ejemplares hallados y convienen mejor con la figura de Philippi que con la de mi obra, hecha por individuos más cortos y de canal abierto.

104.—*Murex Edwardsi*, Payraudeau (*Purpura*).

Kobelt, Iconogr. europ. meeresconchyl. *lám.* 5, *fig.* 19.

Bayona. Entre las rocas que hay á la derecha del muelle, en las mareas muy bajas. Los ejemplares recogidos son poco ventrudos y de espira algo larga.

105.—*Nassa reticulata*, Linné (*Buccinum*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 86, *fig.* 11 á 14.

Bayona, Debajo de las piedras que hay á la izquierda del muelle, en las mareas bajas. *Vigo.* Encontré el tipo de la especie y la var. designada por Jeffreys con el nombre de *Nassa nitida* en su excelente obra sobre los moluscos de Inglaterra. Mis figuras representan el tipo (13 y 14) y dicha variedad (11 y 12).

106.—*Nassa incrassata*, Müller (*Tritonium*).

Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 87, *figuras.* 13, 14, 15 y 17.

Var. (*Nassa rosacea*, Reeve, *fig.* 183), *fig.* 16 de mi obra.

Bayona. Entre las plantas marinas, dentro del puerto. En la playa de la Concheira son algo frecuentes los ejemplares de color de rosa, que constituyen para Reeve una especie diferente. Si se exceptúa la coloración, son los mismos los caracteres.

107.—*Nassa pygmæa*, Lamarck (*Ranella*).

Hidalgo, loc. cit. *lám.* 88, *fig.* 16.

Bayona. Entre las plantas marinas, dentro del puerto.

108.—*Neptunea contraria*, Linné (*Murex*).

Hidalgo, loc. cit. *lám.* 54, *fig.* 1.

Bayona. Un ejemplar vivo, sacado entre las redes de los pescadores.

109.—*Mangelia lævigata*, Philippi. (*Pleurotoma*).

Jeffreys, Brit. Conch., *lám.* 91, *fig.* 3.

Bayona. Dragado un ejemplar vivo, dentro de la bahía, en fondo de arena.

110.—*Aplysia depilans*, Linné.

Jeffreys, Brit. Conch. *lám.* 97, *fig.* 2.

Rang. Hist. nat. Aplysiens, *lám.* 16 y 17.

Bayona. Dentro del puerto, entre las piedras que hay á uno y otro lado del muelle. Vulg. *Tetas de mar.* Varía bastante la coloración de esta especie, pues unos individuos son

de color pardo uniforme, algo purpúreo, y otros de color aceitunado oscuro. También los hay con manchas pálidas, más blanquecinas en el centro, y otros presentan grupos de puntos blancos esparcidos con irregularidad. Estas variaciones están perfectamente señaladas por Rang en la pág. 63 de su obra, y he podido observarlas todas, á causa de la abundancia de dicha *Aplysia* en Bayona. Como algunos individuos son de gran tamaño, lo es igualmente la concha que llevan oculta, y he recogido ejemplares casi de las mismas dimensiones que la de la *Aplysia Petersoni* Sowerby (Reeve, Conch. iconica, Aplysia, *fig.* 4), pero se distinguen de ella por la falta de arrugas transversales en la mitad posterior de la concha, y su forma menos cuadrada.

111.—*Ringicula auriculata*, Menard.

Morlet, Journ. Conchyl. 1878, *lám.* 5, *fig.* 14.

Bayona. Recogido un ejemplar muerto en la playa de la Concheira. A causa del rozamiento, casi han desaparecido las estrías, y presenta el aspecto de la *Ringicula conformis*, Monterosato.

112.—*Clausilia nigricans*, Pulteney (*Turbo*).

Kuster, Clausilia, *lám.* 17, *fig.* 4-9.

Bayona. Alrededores del pueblo, debajo del musgo, al pie de las rocas.

113.—*Pupa umbilicata*, Draparnaud.

Forbes et Hanley, Brit. Moll. *lám.* 129, *fig.* 7.

Bayona. Al pie de las rocas, debajo del musgo. Muchos ejemplares carecen del pliegue que hay próximo á la inserción del borde derecho.

114.—*Helix aspersa*, Müller.

Hidalgo, Cat. iconogr. *lám.* 1, *fig.* 1 y 2,

Bayona y *Vigo.* Especie común por todas partes. Sólo he recogido como muestra una variedad de cinco fajas, en Bayona, y otra amarillenta, sin zonas, en Vigo.

115.—*Helix nemoralis*, Linné.

Hidalgo, Cat. iconogr. *lám.* 2, *fig.* 14.

Bayona. Encontré un ejemplar de esta especie en las tapias del camino del Burgo, que luego se me ha extraviado. Debe ser más abundante terminada la sequía del verano.

116.—*Helix inchoata*, Morelet.

Hidalgo, Cat. iconogr. *lám.* 15, *fig.* 149-151.

Bayona. Entre las piedras y maleza por la parte exterior del castillo de Monte-Real, al pie de la Atalaya, y en *Cabo Silleiro*, cerca del Faro. Rara. Ejemplares de igual tamaño y coloración que la figura de mi obra.

117.—*Helix Pisana*, Müller.

Hidalgo, Cat. iconogr. *lám.* 13, *fig.* 120.

Bayona. Falda del castillo de Monte-Real, á la derecha de la playa de la Concheira. Vive entre las piedras, ó adherida á millares sobre las plantas, expuesta á los rayos del sol. Varía mucho en su coloración; de los ejemplares que recogí, como muestra, unos convienen exactamente con la *fig.* 120 de mi obra, y otros son algo parecidos á la *fig.* 117.

118.—*Helix barbula*, Charpentier.

Hidalgo, Cat. iconogr. *lám.* 18, *fig.* 190-192.

Bayona. Por todas partes, debajo de las piedras y escondida entre la tierra. Al pie de las murallas del castillo de Monte-Real, debajo de la Atalaya, encontré unos 300 ejemplares vivos, pero fué preciso levantar piedras de gran tamaño, y escarbar después en el terreno hasta un decímetro de profundidad. También la hallé en *Cabo Silleiro*; á la salida del pueblo, etc. Los ejemplares recogidos son un poco más pequeños que la figura citada, y la espira es plana ó ligeramente convexa según los individuos.

119.—*Helix Lusitanica*, Pfeiffer.

Hidalgo, Cat. iconogr. *fig.* 178-180.

Bayona. Debajo de las piedras, en los mismos sitios que a *Helix barbula*, pero muy rara. En *Cabo Silleiro* pude recoger también algunos ejemplares vivos, semejantes á los de Portugal, pero más pequeños, debajo de las piedras que hay esparcidas por el terreno situado á la parte Norte del Faro.

120.—*Helix acuta*, Müller.

Bourguignat, Mal. Algerie, *lám.* 32, *fig.* 42.

Bayona. En la falda del castillo de Monte-Real, pasada la playa de la Concheira, sobre las plantas. Ejemplares blanquecinos del todo, y mayores aun que la figura citada.

121.—*Helix conoidea*, Draparnaud.

Draparnaud, Moll. France, *lám.* 5, *fig.* 8.

Cabo Silleiro á dos leguas de Bayona. En el terreno que hay á la parte Norte del Faro, adherida á las plantas ó entre las piedras.

122.—*Helix caperata*, Montagu.

Hidalgo, Cat. iconogr. *fig.* 507-509.

Bayona y *Cabo Silleiro*. Debajo de las piedras. Ejemplares más pequeños que los de Portugal.

123.—*Helix apicina*, Lamarck.

Bourguignat, Mal. Algerie, I, *lám.* 20, *fig.* 15-18.

Bayona y *Cabo Silleiro*. Debajo de las piedras.

124.—*Patula rotundata*, Müller (*Helix*).

Hidalgo, Cat. iconogr. *fig.* 491-493. *Helix rotundata.*

Bayona. Alrededores de la población, entre la yerba, al pie de las rocas.

125.—*Hyalinia cellaria*, Müller (*Helix*).

Pfeiffer, in Chemnitz. 2.ª edic. Helix, *lám.* 84, *fig.* 8-10.

Bayona y *Cabo Silleiro*. Debajo de las piedras.

Lista de los moluscos marinos de la costa Noroeste de España. (1)

Varias de las especies de esta región han sido citadas en los autores con denominaciones que son sinónimas de las adoptadas en la presente lista.

He agregado la indicación de una buena figura á las especies que no están enumeradas en el catálogo de Bayona.

A.—Braquiopodos.

1. *Crania anómala*, Müller (Reeve, Conch. icon, Crania, *fig.* 4).

---

(1) Dicha costa comprende todo el litoral de Galicia desde la frontera de Portugal hasta Rivadeo, pueblo inmediato á la provincia de Asturias.

2. *Waldheimia Cranium*, Müller. (1) (Jeffreys, Brit. Conch. V, *lám.* 19, *fig.* 1).
3. *Megerlia truncata*, Linné. (Hidalgo, Mol. mar. España, *lám.* 14, *figs.* 4 á 6).

B.—Lamelibranquios.

4. *Anomia Ephippium*, Linné.
5. — *patelliformis*, Linné. (Sowerby, Ind. Brit. Shells, *lám.* 8, *fig.* 21).
6. *Ostrea edulis*, Linné. (Jeffreys, Brit. Conch. V, *lámina* 21, *fig.* 1).
7. — *cristata*, Born. (Hidalgo, *lám.* 77, *fig* 1 y 2).
8. — *angulata*, Lamarck. (Hidalgo, *lám.* 76).
9. — *Cochlear*, Poli. (Reeve, Conch. icon. Ostrea, *fig.* 44).
10. *Pecten maximus*, Linné.
11. — *varius*, Linné.
12. — *Pusio*, Linné. (Jeffreys, Brit. Conch. V, *lámina* 22, *fig.* 1.)
13. — *opercularis*, Linné.
14. — *tigrinus*, Müller. (Jeffreys, B. C. V, *lám.* 23, *fig.* 2).
15. — *striatus* Müller. (Jeffreys, V, *lám.* 23 *fig.* 4).
16. — *similis*. Laskey. (Jeffreys, V, *lám.* 23, *figura* 5).
17. — *Testæ*, Bivona. (Hidalgo, *lám.* 35. A. *figura* 8–10).
18. — *vitreus*, Chemnitz. (Jeffreys, V, *lám.* 99, *figura* 6).
19. — *pes-lutræ*, Linné. (Jeffreys, V, *lám* 23, *figura* 1. *Pecten septemradiatus*).
20. *Lima hians*, Gmelin. (Hidalgo, *lám.* 57. B. *figura* 11–13).

---

(1) Esta especie fué indicada de Vigo por Reeve y otros autores, con el nombre de *Terebratula vitrea*, Born.

21. *Lima Loscombi*, Sowerby. (Jeffreys, V, *lám.* 25, *fig.* 4).
22. *Avicula Tarentina*, Lamarck. (Hidalgo, *lám.* 57. a, *fig.* 3).
23. *Pinna fragilis*, Pennant. (Jeffreys V. *lám.* 26. *Pinna rudis*).
24. *Mytilus edulis*, Linné.
25. — *minimus*, Poli. (Hidalgo, *lám.* 26, *fig.* 4 y 5).
26. *Modiola barbata* Linné. (Hidalgo, *lám.* 75, *fig.* 3).
27. — *Adriatica*, Lamarck. (Hidalgo, *lám.* 75, *fig.* 7-9).
28. — *phaseolina* , Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 27, *fig.* 5).
29. *Modiolaria marmorata*, Forbes. (Hidalgo, *lám.* 75, *fig.* 1).
30. — *costulata* Risso. (Hidalgo, *lám* 75, *figura* 2).
31. — *subclavata*, Libassi. (Cailliaud, Moll. Loire-inf. *lám.* 3. *fig.* 9-12. *Modiola gibberula*).
32. *Arca barbata*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 69, *fig.* 1).
33. — *tetragona*, Poli. (Hidalgo, *lám.* 69, *fig.* 4 y 5).
34. — *lactea*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 69, *fig.* 6 y 7).
35. — *diluvii*, Lamarck.
36. *Pectunculus Glycymeris*, Linné.
37. *Limopsis aurita*, Brocchi. (Jeffreys V, *lám.* 30, *figura* 1).
38. — *minuta*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 100, *fig.* 3. *Limopsis borealis*).
39. *Leda fragilis*, Chemnitz. (Reeve, Conch. icon. Læda, *fig.* 53)
40. — *Messanensis*. Seguenza. (Seguenza, R. Acad. Linc. 1877, *lám.* 3, *fig.* 15).
41. — *pusilla*, Jeffreys. (Jeffreys, Proc. Zool. Soc. 1879, *lám.* 46, *fig.* 6).
42. *Nucula Nucleus*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 72, *fig.* 5).
43. — *radiata*, Hanley. (Jeffreys, V, *lám.* 29, *fig.* 2, a.).

44. *Nucula nitida*, Sowerby. (Hidalgo, *lám.* 72, *figura* 1-3).
45. — *sulcata*, Bronn. (Hidalgo, *lám.* 72, *figura* 4).
46. — *tenuis*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 29, *fig.* 4).
47. — *tumidula*, Malm. (Sars, Moll. Norveg, *lámina* 4, *fig.* 5).
48. *Woodia digitaria*, Linné.
49. *Astarte sulcata*, Da Costa. (Hidalgo, *lám.* 15, *fig.* 1).
50. — *triangularis*. Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 37, *fig.* 5).
51. *Solemya togata*, Poli. (Reeve, Conc. icon. Solemya, *fig.* 2).
52. *Galeomma Turtoni*, Sowerby. (Jeffreys, V, *lám.* 31, *fig.* 1. 1. a.).
53. *Lepton squamosum*, Montagu. (Jeffreys, V. *lám.* 31, *fig.* 2).
54. — *nitidum*, Turton. (Jeffreys, V, *lám.* 31, *figura* 3).
55. *Montacuta bidentata*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 31, *fig.* 8).
56. *Lasæa rubra*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 32, *figura* 2).
57. *Kellia suborbicularis*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 32, *fig.* 2).
58. *Pythina Geoffroyi*, Payrandeau. (Payraudeau, Moll. Corse. *lám.* 1, *fig.* 3-5. *Erycina Geoffroyi*).
59. *Axinus flexuosus*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 33, *fig.* 1).
60. — *Croulinensis* Jeffreys. (Jeffreys, V, *lám.* 33, *fig.* 2).
61. — *ferruginosus*, Forbes. (Jeffreys, V, *lám.* 33, *fig.* 3).
62. *Lucina borealis*, Linné.
63. — *spinifera*, Montagu. (Hidalgo, *lám.* 74, *figura* 3).

64. *Lucina leucoma*, Turton.
65. — *reticulata*, Poli. (Hidalgo, *lám.* 74, *fig.* 2).
66. — *divaricata*, Linné.
67. *Diplodonta trigonula*, Bronn. (Philippi, Moll. Sicil. *lám.* 4, *fig.* 6. *Diplodonta apicalis*).
68. *Cardium aculeatum*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 39, *figura* 1).
69. — *echinatum*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 37, *figura* 1).
70. — *paucicostatum*, Sowerby.
71. — *tuberculatum*, Linné.
72. — *Norvegicum*, Spengler.
73. — *edule*, Linné.
74. — *papillosum*. Poli.
75. — *exiguum*, Gmelin.
76. — *roseum*, Lamarck. (Jeffreys, V, *lám.* 35, *fig.* 4. *Cardium nodosum*).
77. — *minimum*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 35, *fig.* 6).
78. *Dosinia exoleta*, Linné.
79. — *lincta*, Pulteney.
80. *Cytherea Chione*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 7, *fig.* 5).
81. — *rudis*, Poli. (Hidalgo, *lám.* 8, *fig.* 6 y 7).
82. — *minima*, Montagu.
83. *Venus verrucosa*, Linné.
84. — *Casina*, Linné.
85. — *Gallina*, Linné. var. *striatula*.
86. — *fasciata*, Da Costa.
87. — *ovata*, Pennant.
88. *Tapes decussatus*, Linné.
89. — *Senegalensis*, Gmelin.
90. — *rhomboides*, Pennant.
91. — *aureus*, Gmelin.
92. *Lucinopsis undata*, Pennant. (Jeffreys, V, *lám.* 40, *fig.* 1).
93. *Venerupis Irus*, Linné.
94. *Petricola lithophaga*, Retzius. (Hidalgo, *lám.* 74, *fig.* 11).

95. *Donax Trunculus*, Linné.
96. — *vittatus*, Da Costa. (Hidalgo, *lám.* 48, *figura* 7 y 8).
97. *Psammobia vespertina*, Chemnitz.
98. — *Ferroensis*, Chemnitz.
99. — *tellinella*, Lamarck.
100. *Tellina crassa*, Pennant.
101. — *serrata*, Brocchi. (Hidalgo, *lám.* 57. *a. figura* 2.)
102. — *Fabula*, Gronovius. (Hidalgo, *lám.* 57, *figura* 10 y 11).
103. — *incarnata*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 57, *figura* 3).
104. — *balaustina*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 57, *figura* 6).
105. — *tenuis*, Da Costa.
106. — *compressa*, Brocchi, (Hidalgo, *lám.* 57, *B. fig.* 4 y 5).
107. — *donacina*, Linné.
108. — *pygmæa*, Philippi.
109. *Fragilia fragilis*, Linné.
110. *Scrobicularia plana*, Da Costa.
111. — *Cottardi*, Payraudeau. (Moll. Corse *lám.* 1, *fig.* 1 y 2. *Lutraria Cottardii*).
112. *Syndosmya alba*, Wood.
113. — *prismatica*, Laskey, (Jeffreys, V, *lámina* 45, *fig.* 1. *Scrobicularia prismatica*).
114. — *tenuis*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 45. *fig.* 4, *Scrobicularia tenuis*).
115. — *nitida*, Müller. (Jeffreys, V, *lám.* 45, *fig.* 2. *Scrobicularia nitida*).
116. — *longicallus*, Scacchi (Sars, Moll. Norveg. *lám.* 6. *fig.* 3. *Abra longicallis*),
117. *Ervilia castanea*, Montagu, (Jeffreys, V, *lám.* 43, *fig.* 1. *Amphidesma castaneum*).
118. *Mesodesma cornea*, Poli.

119. *Mactra stultorum*, Linné.
120. — *solida*, Linné.
121. — *subtruncata*, Da Costa, (Hidalgo, *lám.* 30, *fig.* 3 y 4).
122. *Lutraria oblonga*, Chemnitz.
123. — *elliptica*, Lamarck.
124. *Eastonia rugosa*, Chemnitz.
125. *Thracia papyracea*, Poli. (Jeffreys, V, *lám.* 48, *figura* 4).
126. — *convexa*, Wood. (Jeffreys, V, *lám.* 48, *figura* 6).
127. *Poromya granulata*, Nyst et Westendorff, (Jeffreys, V, *lám.* 49, *fig.* 1).
128. *Lyonsia Norvegica*, Chemnitz. (Jeffreys, V, *lámina* 48, *fig.* 2).
129. *Pandora inæquivalvis*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 49, *fig.* 5 y 6).
130. — *Pinna*, Montagu, (Reeve, Conch. icon. *figura* 7. *Pandora obtusa*).
131. *Neæra cuspidata*, Olivi. (Hidalgo, *lám.* 74, *fig.* 8).
132. — *costellata*, Deshayes. (Jeffreys, V, *lám.* 49, *figura* 3).
133. *Corbula gibba*, Olivi. (Hidalgo, *lám.* 26, *fig.* 6 y 7).
134. *Panopæa plicata*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 51, *figura* 1).
135. *Saxicava arctica*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 40. *A. figura* 8 á 10).
136. *Solecurtus antiquatus*, Pulteney. (Hidalgo, *lám.* 26, *a*, *fig.* 11).
137 *Cultellus pellucidus*, Pennant. (Jeffreys, V, *lám.* 46, *fig.* 4. *Solen pellucidus*).
138. *Ceratisolen Legumen*, Linné.
139. *Ensis siliqua*, Linné.
140. — *Ensis*, Linné.
141. *Solen marginatus*, Pulteney.
142. *Pholas dactylus*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 47, *A. figura* 1 y 2).

143. *Teredo Norvegica*, Spengler. (Jeffreys, V, *lám.* 54, *figura* 1).
144. *Gastrochæna dubia*, Pennant. (Hidalgo, *lám.* 49, *figura* 3 y 4).

C.—Escafopodos.

145. *Dischides bifissus*, S. V. Wood. (Wood, Crag Moll. I, *lám.* 90, *fig.* 3, a. b. *Dentalium bifissum*).
146. *Pulsellum Lofotense*, M. Sars. (Sars, Moll. Norveg, *lám.* 20, *fig.* 11. *Siphonentalis lofotensis*).
147. *Dentalium filum*, Sowerby, jun. (Sowerby, Thes Conchyl. Dentalium, *fig.* 45).
148. — *Tarentinum*, Lamarck.
149. — *novemcostatum*, Deshayes. (Sowerby, Thes. Dentalium. *fig.* 24 á 27).
150. — *Entulis*, Linné. (Jeffreys, Brit. Conch. V, *lám.* 55, *fig.* 1).

D.—Gastropodos.

151. *Chiton fulvus*, Wood.
152. — *marginatus*, Pennant.
153. — *Cajetanus*, Poli. (Poli, Test. Sicil, *lám.* 4, *fig.* 1).
154. — *lævis*, Pennant. (Sowerby, Ind. Brit. Shells, *lám.* 10, *fig.* 11).
155. — *cancellatus*, Sowerby. (Sowerby, id., *lámina* 10, *fig.* 17).
156. — *cinereus*, Linné. (Jeffreys, V, *lám.* 56, *figura* 2).
157. — *fascicularis*, Linné. (Sowerby, Index B. Shells, *lám.* 10, *fig.* 5).
158. — *discrepans*, Brown.

159. *Patella aspera*, Lamarck.
160. — *vulgata*, Linné.
161. *Helcion pellucidum*, Linné,
162. *Tectura virginea*, Müller.
163. *Emarginula fissura*, Linné. (Jeffreys, V, *lám.* 59, *fig.* 2).
164. — . *rosea*, Bell. (Jeffreys, V, *lám.* 59, *figura* 3).
165. *Fissurella nubecula*, Linné. (Hanley, Ipsa Lin. Conch. *lám.* 4, *fig.* 10).
166. — *græca*, Linné.
167. — *gibberula*, Lamarck.
168. *Haliotis tuberculata*, Linné (1).
169. *Cyclostrema serpuloides*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 61, *fig.* 3).
170. — *Cutlerianum*, Clark. (Jeffreys, V, *lámina* 61, *fig.* 1).
171. *Trochus lineatus*, Da Costa.
172. — *sagittiferus*, Lamarck.
173. — *Magus*, Linné.
174. — *umbilicatus*, Montagu.
175. — *cinerarius*, Linné.
176. — *tumidus*, Montagu.
177. — *varius*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 63, *fig.* 8 á 11).
178. — *Philberti*, Michaud. (Bucquoy et Dautzenber, Moll. Roussillon, *lám.* 46, *figura* 1 á 5).
179. — *suturalis*, Philippi. (Philippi, Moll. Sicil. *lám.* 10, *fig.* 23).
180. — *Zizyphinus*, Linné.
181. — *Laugieri*, Payraudeau. (Payraudeau, Moll. Corse, *lám.* 6, *fig.* 3 y 4).
182. — *exasperatus*, Pennant.
183. — *striatus*, Linné.

(I) Esta especie se halla figurada con el animal, de un modo admirable, en la pág. 844 del *Manuel de Conchyliologie* de Fischer.

184. *Trochus Montagui*, Wood. (Jeffreys, V, *lám.* 63, *fig.* 1).
185. *Turbo rugosus*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 56, *fig.* 1 á 4).
186. *Phasianella pulla*, Linné.
187. *Turbonilla elegantissima*, Montagu.
188. — *indistincta*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 75, *fig.* 1. *Odostomia indistincta*).
189. — *scalaris*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 75, *fig.* 7. *Odostomia scalaris*).
190. — *rufa*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 76, *figura* 1. *Odostomia rufa*).
191. — *magnifica*, Seguenza. (Seguenza, Form. tert. prov. Reggio, *lám.* 16, *fig.* 25).
192. — *pusilla*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 76, *fig.* 4. *Odostomia pusilla*).
193. — *fenestrata*, Forbes. (Jeffreys, V, *lámina* 75, *fig.* 5. *Odostomia fenestrata*).
194. — *Macandreæ*, H. Adams. (Adams, Proc. Zool. Soc. 1869, *lám.* 19, *fig.* 11. *Turbonilla speciosa*).
195. *Eulimella acicula*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 76, *fig.* 6. *Odostomia acicula*).
196. — *clavula*, Loven. (Jeffreys, V, *lám.* 73, *fig.* 1, *Odostomia clavula*).
197. — *hyalina*, Jeffreys. (Jeffreys, Mar. test. Piedmont. *fig.* 14 y 15. *Eulimella striatula*).
198. *Odostomia conoidea*, Brocchi. (Jeffreys, V, *lám.* 73, *fig.* 6).
199. — *rissoides*, Hanley. (Jeffreys, V, *lám.* 73. *fig.* 4),
200. — *pallida*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 73, *fig.* 5).
201. — *insculpta*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 74 *fig*, 4).
202. — *excavata*, Philippi. (Jeffreys, V, *lám.* 75, *fig.* 6).

203. *Odostomia decussata*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 74, *fig.* 8).
204. — *spiralis*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 75, *fig.* 3).
205. *Eulima polita*, Linné.
206. — *subulata*, Donovan. (Jeffreys, V, *lám.* 77, *fig.* 7).
207. — *distorta*, Defrance. (Jeffreys, V, *lám.* 77, *fig.* 5).
208. *Aclis ascaris*, Turton. (Jeffreys, V, *lám.* 72, *figura* 2).
209. — *supranitida*, S. Wood. (Jeffreys, V, *lám.* 72, *fig.* 3).
210. — *Gulsonæ*, Clark. (Jeffreys, V, *lám.* 72, *figura* 5).
211. *Scalaria communis*, Lamarck.
212. — *crenata*, Linné. (Kiener, Spec. coquill. Scalaria, *lám.* 6, *fig.* 18).
213. — *Turtonæ*, Turton. (Jeffreys, V, *lám.* 71, *fig.* 2).
214. — *clathratula*, Adams. (Jeffreys, V, *lám.* 71, *fig.* 5).
215. *Adeorbis subcarinatus*, Montagu. (Fischer, Journ. Conch. 1885, *lám.* 9, *fig.* 1 á 4).
216. *Natica monilifera*, Lamarck.
217. — *glaucina*, Linné.
218. — *sordida*, Philippi. (Hidalgo, *lám.* 20, *fig.* 1 y 2. *Natica fusca*).
219. *Velutina lævigata*, Linné. (Jeffreys. V, *lám.* 79, *figura* 4).
220. *Lamellaria perspicua*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 19, *fig.* 1 y 2).
221. *Calyptræa Chinensis*, Linné.
222. *Capulus hungaricus*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 41, *figuras* 2, 3 y 4).
223. *Hydrobia ulvæ*, Pennant. (Jeffreys, V, *lám.* 69, *figura* 1).
224. *Barleeia rubra*, Montagu.

225. *Rissoa cancellata*, Da Costa.
226. — *calathus*, Forbes et Hanley. (Jeffreys, V, *lámina* 66, *fig.* 4).
227. — *reticulata*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 66, *fig.* 5).
228. — *cimicoides*, Forbes. (Jeffreys, *lám.* 66, *fig.* 6).
229. — *punctura*, Montagu. (Jeffreys, *lám.* 66. *figura* 8).
230. — *lactea*, Michaud. (Jeffreys, *lám.* 66, *fig.* 2),
231. — *Testæ*, Aradas et Maggiore. (Jeffreys, *lámina* 66, *fig.* 9. *Rissoa abyssicola*).
232. — *costata*, Adams. (Jeffreys, *lám.* 67, *fig.* 2).
233. — *Zetlandica*, Montagu. (Jeffreys, *lám.* 67, *figura* 1).
234. — *membranacea*, Adams.
235. — *costulata*, Alder.
236. — *similis*, Scacchi. (Jeffreys, *lám.* 68. *fig.* 1. *Rissoa costulata*) (1).
237. — *rufilabrum*, Leach. (2).
238. — *variabilis*, Muhlfeldt. (Schwartz, Rissoa, *lámina* 3, *fig.* 35).
239. — *parva*, Da Costa. (Jeffreys. *lám.* 67, *fig.* 3 y 4).
240. — *albella*, Loven. (Jeffreys, *lám.* 67, *fig.* 6).
241. — *inconspicua*, Alder. (Jeffreys, *lám.* 67, *figura* 5).
242. — *striata*, Adams. (Jeffreys, *lám.* 68, *fig.* 2).
243. — *affinis*, Jeffreys. (Jeffreys, Proc. Zool. Soc. 1884, *lám.* 9, *fig.* 8).
244. — *proxima*, Alder. (Jeffreys, V, *lám.* 68, *figura* 3).
245. — *vitrea*, Montagu. (Jeffreys, *lám.* 68, *fig.* 4).
246. — *soluta*, Philippi. (Jeffreys, *lám.* 68, *fig.* 7).

---

(1) Jeffreys cree son la misma especie las *Rissoa costulata* y *similis*.

(2) Mac Andrew y Jeffreys reunen las *Rissoa rufilabrum* y *violacea*, por lo cual citan esta última de las costas de Galicia.

247. *Rissoa semistriata*, Montagu. (Jeffreys, *lám.* 68, *figura* 8).
248. — *cingillus*, Montagu. (Jeffreys, *lám.* 68, *figura* 9).
249. — *asturiana*, Fischer (Fischer, Fonds de la mer, I, *lám.* 11, *fig.* 5, *Plagiostyla asturiana*).
250. *Solarium conulus*, Weinkauff.
251. — *fallaciosum*, Tiberi. (Hidalgo, *lám* 11. a. *fig.* 4, 5 y 6).
252. *Lacuna pallidula*, Da Costa.
253. — *puteolus*, Turton. (Jeffreys, V, *lám.* 64, *fig.* 4).
254. *Littorina littorea*, Linné.
255. — *rudis*, Maton.
256. — *neritoides*, Linné.
257. — *obtusata*, Linné.
258. *Cæcum trachea*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 70, *figura* 4).
259. *Turritella ungulina*, Linné. (Kiener, Spec. Turritella, *lám.* 13, *fig.* 3).
260. — *triplicata*, Brocchi. (1).
261. *Vermetus triqueter*, Bivona. (Philippi, Moll. Sicil, *lám.* 9, *fig.* 21 y 22).
262. — *semisurrectus*, Bivona. (Philippi, loc. cit. *lám.* 9, *fig.* 19).
263. *Cerithiopsis tubercularis*, Montagu. (Jeffreys, V *lám.* 81, *fig.* 1).
264. *Cerithium reticulatum*, Da Costa.
265. — *Watsoni*. Jeffreys. (Jeffreys, Proc. Zool. Soc. 1885, *lám.* 6, *fig.* 6. 6. a).
266. *Triforis perversa*, Linné. (Buçquoy et Dautz. Moll. Rousillon, *lám.* 26, *fig.* 8 á 11).
267. *Chenopus pes-pelicani*, Linné.

---

(1) Jeffreys y Stefani la citan de Vigo; el primero con el nombre de *Turritella incrassata*, J. Sowerby, y el segundo con el de *Turritella Brocchii*, Bronn.

268. *Chenopus Serresianus*, Michaud. (Hidalgo, *lám.* 2, *fig.* 2 y 3).
269. *Erato lævis*, Donovan.
270. *Cypræa europæa*, Montagu.
271. — *candidula*, Gaskoin. (Hidalgo, *lám.* 11, *fig.* 9 y 10).
272. *Ovula Spelta*, Linné.
273. *Cassis Saburon*, Bruguiere.
274. *Ranella gigantea*, Lamarck.
275. *Triton nodiferus*, Lamarck.
276. — *corrugatus*, Lamarck. (Hidalgo, *lám.* 16, *fig.* 1).
277. — *cutaceus*, Linné.
278. *Purpura hæmastoma*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 27, *fig.* 1 y 2).
279. — *lapillus*, Linné.
280. *Lachesis minima*, Montagu.
281. — *areolata*, Tiberi. (Philippi, Moll. Sicil, *lám.* 27, *fig.* 10. *Bucinum Folineæ*) (1).
282. *Murex trunculus*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 12, *figura* 5 y 6).
283. — *erinaceus*, Linné.
284. — *Edwardsi*, Payraudeau.
285. — *aciculatus*, Lamarck.
286. — *turritus*, Borson (2).
287. — *fusulus*, Brocchi (3). (Brocchi, Conch. foss, *lám.* 8, *fig.* 9).

---

(1) Encontrada en Vigo por Mac Andrew, según Monterosato (Nuova rivista Conch. mediterr. 1875, pág. 42.)

(2) No conozco esta especie; según Monterosato (Notizie conch. foss. monte Pellegrino, 1872, pág. 15), ha sido recogida en Vigo por Mac Andrew.

(3) Especie incluída sucesivamente en tres géneros por el marqués de Monterosato. La dá como *Pseudomurex Spadæ*, Libassi (*Murex*) en la Notizie conch. foss. monte Pellegrino, 1872, pag. 33, como *Pisania fusulus*, Brocchi (*Murex.*)=*Murex Spadæ*, Libassi, en la Nuova rivista conch. medit. 1875, pág. 40, Vigo (Mac Andrew), y como *Pollia Spadæ*, Libassi (*Murex.*)=*Murex fusulus*, Brocchi, en la Enumer. conch. medit. 1878, pág. 42.

288. *Trophon muricatus*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 84, *fig.* 4).
289. *Nassa reticulata*, Linne.
290. — *incrassata*, Müller,
291. — *pygmœa*, Lamarck.
292. — *Pfeifferi*, Philippi (1). (Hidalgo, *lám.* 87, *fig.* 1 y 2).
293. — *corniculum*, Olivi. (Hidalgo, *lám.* 87, *figura* 10 á 12).
294. — *semistriata*, Brocchi (2). (Hidalgo, *lám.* 88, *fig.* 19 y 20).
295. *Buccinum labiosum*, J. Sowerby (3).
296. *Neptunea contraria*, Linné.
297. *Cancellaria mitræformis*, Brocchi. (Brocchi, Conch. foss., *lám.* 15, *fig.* 13. *Voluta mitræformis*).
298. *Halia Priamus*, Meuschen. (Hidalgo, *lám.* 4, *figura* 4 y 5).
299. *Defrancia purpurea*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 89, *fig.* 5).
300. — *Philberti*, Michaud. (Kiener, Pleurotoma, *lám.* 24, *fig.* 4).
301. — *Leufroyi*, Michaud. (Kiener, id.. *lámina* 24, *fig.* 3).
302. — *linearis*, Montagu. (Jeffreys, V, *lám.* 89, *fig.* 2).
303. *Bela septangularis*, Montagu. (Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 112, *fig.* 6 y 7. *Mangelia septangularis*).

---

(1) El ejemplar figurado en mi obra procede de la isla de la Toja; tengo además otros individuos hallados en la costa de Galicia por el profesor Quet.

(2) Denominada también *Nassa trifasciata* por A. Adams, y *Nassa Gallandiana* por Fischer; los ejemplares de Galicia son de menor tamaño.

(3) Especie que no conozco; fué dragada en Vigo por Jeffreys.

304. *Bela brachystoma*, Philippi. (Forbes et Hanley, loc. cit. *lám.* 114, *fig.* 5 y 6. *Mangelia brachystoma*).
305. *Mangelia nebula*, Montagu. (Jeffreys, V, *lam.* 91, *fig.* 1. *Pleurotoma nebula*).
306. — *lævigata*, Philippi.
307. — *attenuata*, Montagu. (Forbes et Hanley. Brit. Moll., *lám.* 113, *fig.* 8 y 9).
308. — *striolata*, Philippi. (Forbes et Hanley, loc. cit., *lám.* 114. A. *fig.* 1 y 2).
309. — *costata*, Donovan. (Forbes et Hanley, loc. cit., *lám.* 114. A. *fig.* 3 y 4).
310. — *elegans*, Scacchi. (Philippi, Moll. Sicil., *lám*, 26, *fig.* 5. *Pleurotoma elegans*).
311. *Aplysia depilans*, Linné.
312. — *Petersoni*, Sowerby. (Reeve, Conch. icon. Aplysia, *fig.* 4).
313. *Philine aperta*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 21, *figura* 6 y 7).
314. — *scabra*, Müller. (Jeffreys, V, *lám.* 96, *fig.* 1).
315. *Ringicula auriculata*, Menard.
316. *Akera bullata*, Müller, (Jeffreys, V, *lám.* 95. *fig.* 1).
317. *Haminea Hydatis*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 9, *figura* 6 á 8).
318. *Cylichna umbilicata*, Montagu. (Jeffreys, V, *lámina* 93, *fig.* 3).
319. — *cylindracea*, Pennant. (Jeffreys, V, *lámina* 93, *fig.* 4).
320. — *fragilis*. Jeffreys. (Jeffreys, Moll. mar. Piemonte, *fig.* 16 y 17).
321. *Scaphander lignarius*, Linné. (Hidalgo, *lám*, 9, *fig.* 1. y 2),
322. *Tornatina truncatula*, Bruguiere. (Forbes et Hanley, Brit. Moll., *lám.* 114. B. *fig.* 7 y 8. *Cylichna truncata*).
323. — *mammillata*, Philippi. (Philippi, Moll. Sicil. *lám.* 7, *fig.* 20. *Bulla mammillata*).

324. *Actæon tornatilis*, Linné. (Hidalgo, *lám.* 19, *figura* 3 y 4).

E.—Cefalópodos.

325. *Seppia officinalis*, Linné. (Tryon, Man. Conch. I, *fig.* 389 á 391).
326. *Teuthis media*, Linné. (Tryon, id. I, *fig.* 187 á 189).
327. *Loligo vulgaris*, Lamarck, (Tryon, id. I, *fig.* 172.)
328. *Octopus vulgaris*, Lamarck. (Tryon, id. I, *figura* 3 á 7).

No incluyo en esta lista los moluscos designados por Mac Andrew con los nombres de *Chiton rufus*, *Vermetus Mulleri*, *Rissoa pellucida*, *Rissoa vincta* y *Triton variegatus*, porque no he podido hallar en los autores las cuatro primeras denominaciones, é ignoro, por lo tanto, á qué especie se refieren; en cuanto al *Triton variegatus* no puede considerarse como de la fauna de Galicia, porque es una especie propia del Océano índico, y sin duda Mac Andrew ha designado así una variedad del *Triton nodiferus*, ó más bien el *Triton Seguenzæ* Aradas y Benoit (Kobell, Jahrb. 1874. *lámina* 14), que es igual al *Triton nobilis* Conrad, de las Antillas.

Joaquín González Hidalgo.

ESTACIONES ORNITOLÓGICAS.

Para dar cumplimiento al acuerdo tomado por la Academia sobre la petición que le fué dirigida por el Comité Internacional permanente ornitológico, establecido en Viena, el ponente que suscribe tiene la honra de proponer á la Sección el informe siguiente

El Presidente de dicho Comité ornitológico, Sr. R. Blasius, con fecha 31 de Marzo último, dirige á nuestra Academia un resumen sucinto de los trabajos que incumben al expresado Comité, instituído por el primer Congreso Internacional ornitológico, habido en Viena el 10 de Abril de 1884.

Convencido dicho señor de que la ilustre Academia de Ciencias de Madrid apoyará por su parte, y con su autoridad científica, una empresa internacional, de tanta importancia para los adelantos de los estudios que han de esclarecer las dudas sobre la vida y paso de las aves; y contando además con la simpatía que nuestra Corporación no puede menos de tener hacia el augusto Príncipe que ha puesto bajo su protección poderosa dicha institucion utilísima, nos ruega ayudemos á la formación en España de un Comité local que se ocupe en observar la presencia, el género de vida y paso de las aves, y dirija por intervalos fijos el resultado de las tareas verificadas al Secretario del Comité Internacional, en cuya redacción serán respetados concienzudamente los derechos del naturalista que los hubiera llevado á cabo.

Los acuerdos que en el Congreso ornitológico se tomaron, y se consignan en el resumen enviado, son los siguientes:

I. Se elegirá un Comité Internacional permanente para el establecimiento de estaciones de observación, y se rogará á su Alteza Real Imperial el augusto Príncipe Imperial, Archiduque Rodolfo, se digne aceptar el protectorado del Comité

(á lo que ya su Alteza Real Imperial graciosamente ha accedido).

II. Se pedirá al Ministerio Real Imperial de la Casa Imperial y de Negocios Extranjeros su intervención cerca de todos los Estados que no han sido representados en el Congreso, con el fin de obtener el establecimiento de estaciones de observaciones ornitológicas que presten su concurso en la común tarea.

III. A los delegados de los Estados representados en el Congreso se les encarga obtengan de sus Gobiernos respectivos:

(*A*) Que se active todo lo posible el establecimiento de estaciones ornitológicas.

(*B*) Que se concedan subvenciones suficientes para el establecimiento de estaciones de observación y para la publicación anual de los trabajos verificados; procediéndose en los diversos Estados á la formación de Comités locales, los que deberán ponerse en relación con el Presidente del Comité Internacional.

IV. El Comité Internacional se ceñirá á los principios generales siguientes:

(*A*) Las observaciones ornitológicas se proyectan para todo el Globo y desde luego para Europa.

(*B*) Las observaciones se harán, en lo posible, bajo el mismo sistema ó plan, sirviendo de base las instrucciones austro-húngaras y alemanas.

(*C*) Las relaciones recogidas se redactarán por los diferentes Estados bajo los mismos principios y disposición sistemática, y usando la misma terminología científica.

(*D*) Cada país dirigirá una lista de las aves que en él se encuentran, conforme con el modelo de la lista de Alemania y austro-húngara.

(*E*) Para obtener observaciones ornitológicas, precisa interesar principalmente á las Academias, á las Sociedades Científicas y Corporaciones análogas, á los periódicos principalmente de Historia Natural, y además á los Consulados, las Misiones religiosas, las Estaciones Meteorológicas y otras parecidas, á las Corporaciones docentes, al personal forestal, al de la Inspección de faros, etc., etc.

(*F*) Si se dispone de observadores especiales, se hará lo posible por verificar apuntaciones sobre todas las especies de aves que se encuentren en las regiones de observación; si no, se designará un Comité para las especies sometidas á la observación.

(*G*) De desear es que á la vez se verifiquen observacione *fenomenológicas* con relación al resto de la Fauna y Flora, que se anoten también los fenómenos meteorológicos y sus referencias.

V. Cada Estado será representado en el Comité Internacional por uno ó más delegados. El Comité se compone provisionalmente de los señores siguientes:

Por la República Argentina, Burmeister, Berg.
Por Occeanía, Ramsay.
Por Bélgica, De Sélys-Longchamps-Dubois.
Por el Brasil, Barón Carbalho Borgas.
Por las Indias inglesas, Anderou, Dà Cunha.
Por Chile, Philippi,
Por Dinamarca, Lätken.
Por Alemania, De Homeyer, Meyer, R. Blasius.
Por Francia, Milne-Edwards, Oustalet.
Por Grecia, Krüper.
Por la Gran Bretaña, Harvie Brown, Cordeaux, Kermode.
Por Java, Vorderman.
Por Italia, Giglioli, Salvadori.
Por Nueva Zelandia, Baller.
Por los Países Bajos, Polém.
Por Noruega, Collett.
Por Austria-Hungría, De Fschusi, De Madarász, Brusina,
Por Portugal, Barboza de Bocage.
Por Rusia, De Sohrenols, Radde, Palmén, Bogdanow.
Por Suiza, Fatio, Girtanne.
Por Suecia, C Friot.
Por Servia, ?
Por los Estados Unidos de la América del Norte, Marriam Coues.

El Comité tiene el derecho de agregación.

Como se habrá hecho cargo la Academia, la comunicación del Dr. Blasius tiene dos partes. En la primera se la invita á que tome parte activa, ya trabajando, ya recomendando las tareas del Comité Internacional ornitológico; y en la segunda se le da conocimiento de las bases que se han aceptado en el Congreso de Viena para llevar á buen término y con uniformidad el *modus faciendi* de una obra que, por lo mismo que han de intervenir en ella muchas manos, para que no resulte monstruosa, precisa sea ejecutada bajo un plan uniforme, escrupulosamente observado por todos.

No es esta la primera vez que los naturalistas de Europa han llamado la atención sobre la importancia grande que tienen los Observatorios, ó Estaciones zoológicas y botánicas, como hoy se llaman, para hacerse cargo en ellas de todos los fenómenos que ofrece la vida de los animales ó plantas y causas que los determinan.

Antes de ahora, las observaciones aisladas de los sabios hacían progresar la ciencia á paso tardo, y se necesitaban años para obtener la sanción de los hechos, que eran lentamente compulsados, por el aislamiento en que vivían los hombres dedicados en cada país al estudio de la Naturaleza. Pero hoy día todo ha cambiado, y las asociaciones para estudiar y para darse recíproca cuenta de lo que cada uno ha descubierto, tienen frecuentes ocasiones de entenderse en los Congresos científicos y en las Estaciones de estudio, donde juntos ó separados trabajan los naturalistas en comunidad ó por cuenta de cada uno.

El proyecto del Congreso Internacional ornitológico de Viena abraza ambos extremos, puesto que invita á la formación de Comités ornitológicos, y á todos y á cada uno de los que quieran emprender las observaciones biológicas que propone se verifiquen. Para esto se reclama en el párrafo *E*, de su acuerdo IV, el concurso de las Academias y Sociedades científicas y otras Corporaciones análogas; el de los periódicos, sobre todo, de Historia Natural; el de los Consulados, las Misiones religiosas, las Estaciones meteorológicas, las Corporaciones docentes, el personal forestal y hasta el de las Inspecciones de faros. ¿De qué modo nuestra Academia puede res-

ponder al respetuoso llamamiento que se le hace? Esto es lo que nos incumbe estudiar.

La aclaración de las dudas que sobre la vida de las aves, sus emigraciones periódicas y viajes existen en la ciencia, fué el objeto principal que motivó la reunión de los ornitólogos en el Congreso Internacional celebrado, como queda dicho, en Viena el dia 10 de Abril de 1884.

Ya los naturalistas belgas, hace bastantes años, tuvieron igual propósito, y, para llevarlo á cabo, circularon por Europa una invitación análoga, rogando á los ornitólogos se ocuparan en estos estudios y cada uno publicara los resultados que obtuviera, para que, reunidos un día, pudieran ser comparados y deducir así principios fijos, explicativos de las causas que determinan los viajes y emigraciones que verifican las aves á mayores ó menores distancias, con todas las consecuencias que resultan de tal fenómeno. Fuí uno de los invitados; recogí algunos datos, parte de ellos publicados hace tiempo en las Memorias de la Comisión del Mapa geológico de España, cuando pertenecía á ella; y otros, aun inéditos, permanecen en cartera, esperando ocasión de aprovecharlos y de irlos completando con más cúmulo de noticias recogidas por mí mismo, ó proporcionadas por mis discípulos y amigos, á quienes repartí la adjunta hoja en forma de estado para facilitarles la redaccion del diario de sus observaciones; y, á pesar de esto, fueron muy pocos los que respondieron á mis deseos, faltos quizás de medios para hacerlo ó de verdadero entusiasmo científico, siendo deber mío citar los nombres de los señores Vidal, de Valencia, y Rios Naceiro, de Santiago, corresponsales nuestros ya difuntos; Machado, de Sevilla; López Seoane, de la Coruña; y Guirao, de Murcia, nuestro consocio electo, que fueron los únicos que me secundaron.

No debió surtir tal tentativa de los belgas el resultado apetecido, cuando vemos hoy volver sobre el asunto á los naturalistas de los varios estados congregados con propósito decidido de interesar en el asunto, no ya á los ornitólogos solos, sino á las Academias y demás Corporaciones científicas, que por caminos diferentes pueden perfeccionar la obra que se proyecta. Y, en efecto, ¿quién puede dudar de las luces que además

de los estudios biológicos pueden recibirse de los geográficos, de los meteorológicos, de los agrícolas y forestales, y hasta de los diarios de los marinos, que recorriendo los mares por sus costas y en el piélago, como he visto varias veces, tienen ocasión frecuente de anotar hechos que vienen á confirmar las observaciones que se realizan en los continentes? La geografía zoológica no nos fija el *habitat* accidental ú ordinario de las especies. ¿No es una cosa conocida la influencia que en la aparición ó desaparición de los animales emigrantes tienen las variaciones meteorológicas? ¿No son los cultivadores de los campos y los montes los que más ocasión tienen de observar la aparición y desaparición de las aves, el adelanto ó retraso en sus amores, la dispersión de las parejas, ó asociación en bandadas de las crías y de los padres, para vivir reunidos ó dispersos en las distintas épocas del año, según así lo exijan las necesidades de la vida individual ó de la propagación de las especies? La luz que guía á los navegantes en la oscuridad de la noche, para acercarse ó apartarse de las costas, atrae á las aves viajeras, y las que atraviesan los mares, si arriban en las tinieblas, son atraídas por los faros, y el personal que los sirve es sin disputa el primero que puede precisar el momento en que tal ó cual especie ha llegado á tomar tierra en la costa. Los pastores, los camperos, los pescadores, pajareros y vigías de los faros, son libros que, sin tener letras, muchas cosas me han enseñado referentes al asunto de que se trata, y que en vano había buscado en lo que han escrito los sabios. ¿Que de extraño tiene, pues, que el Comité Internacional ornitológico que nos invita haga llamamiento á todos?

Pero nuestra Academia de Ciencias no puede responder de un modo completo al llamamiento que se hace, porque no dispone de Estaciones zoológicas para verificar los estudios que se piden; porque carece de medios para sufragar los gastos que dichos establecimientos suponen; porque tampoco está en su mano formar Comités ornitológicos en todos los puntos de España donde fuera conveniente instalarlos; y sólo, auxiliada por el Gobierno con mano generosa y autoridad bastante, pudiera tomar á su cargo la dirección de la empresa y la ejecución en parte de un proyecto, que requiere naturalistas capaces;

establecimientos *ad hoc*, provistos de material científico y ordinario lo más completo posible; de un personal auxiliar idóneo para el objeto; y de fondos suficientes para atender á los gastos que sin duda ocurrirán con motivo de los viajes necesarios, retribuciones indispensables y publicacion de los trabajos.

De otro modo la Academia sólo puede hacer presente al Gobierno el compromiso en que hoy se encuentran colocadas las Ciencias naturales en España, y lo grave que sería para la honra nacional negarse á tomar parte en una tarea á que se han asociado ya naciones de todas las partes del mundo, mientras que España ha dejado hasta hoy vacío su puesto: lo cual argüirá, ó que no tomamos interés por los adelantos del saber, que excitan la emulación de los demás países cultos; ó que carecemos de hombres entendidos para terciar en los certámenes de los Congresos científicos; ó que nuestra desidia es tanta, que hasta despreciamos los bienes que podríamos reportar de seguir el ejemplo que nos dan los demás pueblos civilizados.

Tal es, Excmo. Señor, el parecer que en este asunto somete la Sección tercera al más elevado criterio de la Academia en pleno; reservándose para cuando llegue el caso, si es que llega, formular detalladamente los procedimientos que convendría adoptar con el fin de que nuestras tareas resultaran, por lo menos, tan completas como las de las demás Corporaciones hermanas.

Madrid 20 de Octubre de 1885.

MARIANO DE LA PAZ GRAELLS.

LA EVOLUCIÓN DEL REINO VEGETAL.

Cumpliendo lo acordado por la Sección tercera de esta Academia en sesión de 18 de Mayo último, el que suscribe presenta á la misma el informe que se le pide acerca de la obra de los señores Saporta y Marión, titulada: «L'Evolution du régne végétal.»—Aunque sólo se han entregado al ponente los dos tomos que comprenden la parte de la obra referente á las *plantas fanerógamas*, aquél ha tenido también en

cuenta para su informe, el tomo primero, publicado cinco años antes, y referente á las *criptógamas*, no sólo por considerar ambas partes como un todo inseparable, sino porque en ese primer tomo cabalmente es donde los autores exponen las ideas principales que sirven de base á toda la obra, ó la síntesis del sistema, que después van desarrollando y aplicando á los diversos grupos vegetales.

Parten los señores Saporta y Marión del principio de que, no pudiéndose considerar como eternas las fuerzas biológicas, es un hecho innegable, por más que sea oscuro y misterioso, que, después de una larga serie de fenómenos puramente físico-químicos, debió existir un momento inicial para la vida sobre la Tierra: de los primeros seres nos dan tal vez idea los llamados hoy *protistas*, seres unicelulares de los que, por aumento de irritabilidad del protoplasma, procede, empezando por los *infusorios*, el reino animal, y, por trasformación de parte del protoplasma en clorofila, el reino vegetal.

Este último forma el objeto de la obra, y creen sus autores que, partiendo de las algas unicelulares más sencillas, habitantes de las aguas, la división y subdivisión de sus células produjo agregados celulares que, apoderándose poco á poco del suelo emergido, en sus localidades inundadas ó húmedas por lo menos, y, sometiéndose á influencias modificadoras, cada vez más enérgicas, pudieron ser origen de la vegetación terrestre.

Siguiendo en cierto modo el camino marcado por Gaudry en sus notables estudios sobre el desarrollo y encadenamiento del reino animal, los autores pasan de las algas unicelulares á las pluricelulares; de éstas á las demás criptógamas, empezando por las de *protallos* ó *proembriones* permanentes, como los musgos; por su orden después á las que presentan *protallos* transitorios, como los helechos; ascendiendo de éstos á las rizocarpeas; y de éstas á las que forman lo que los autores llaman *estado progimnospérmico*, en el cual las sigilarias, cicadeas y otras, más abundantes hoy como fósiles que como plantas vivas, establecen el tránsito á las fanerógamas, que empiezan por las verdaderas gimnospermas, ó sean las taxi-

neas y coníferas; y, para enlazar éstas con las angiospermas, aún suponen los autores otros dos estados intermedios, representado el primero, con el nombre de *metagimnospérmico*, por las gnetáceas, y el segundo, con el de *proangiospérmico*, por las *Williamsonias*, de las que sólo quedan hoy restos fósiles, que presentan los rasgos más sencillos de las angiospermas, y fueron, sin duda, origen común de las monocotiledóneas y dicotilodóneas actuales, cuya evolución especial estudian separadamente los señores Saporta y Marión.

Tal es, en resumen, el enlace genérico que estos autores suponen que existe entre los diversos grupos principales del reino vegetal, fósil y vivo.

El lenguaje sencillo y elegante á la vez, los muchos grabados que aclaran los conceptos del texto, los numerosos é interesantes detalles que, respecto á los diversos grupos vegetales, y tanto acerca de las plantas vivas como de las fósiles, se encuentran en la obra, y, sobre estas condiciones, la de ser la primera que, abrazando en conjunto todo el reino vegetal, estudia el desarrollo del mismo á la luz de las ideas dominantes hoy en la mayoría de los botánicos, la hacen en alto grado recomendable á la atención y examen, no sólo de los que estudian la vegetación actual, sino también de los que investigan la que, en épocas más ó menos remotas, pero anteriores á la existencia del hombre sobre la Tierra, cubrió la superficie de ésta, ó vivió en sus lagos y en sus mares.

No entrará el que suscribe en el fondo de las cuestiones que la obra puede suscitar entre darwinistas y antidarwinistas; pero sí debe hacer constar que los autores, declarándose desde luego discípulos de Darwin, manifiestan, con laudable franqueza, que no tratan de convencer á los que, empezando por negar en absoluto la teoría de la evolución, rechazan siempre como insuficientes cuantas pruebas puedan aducirse en favor de la misma: los señores Saporta y Marión sólo intentan mostrar á los lectores, no prevenidos de antemano contra esa teoría, de qué manera el reino vegetal, una vez creado y existente en sus formas más sencillas, ha podido irse desarrollando y progresando en direcciones varias y divergentes.

Y la verdad es que esto lo exponen con gran riqueza de datos y de consideraciones tomadas principalmente de la Embriogenia, de la Paleontologia y de la Geografía botánica: todo lo cual contribuye á que sea la obra no sólo de gran interés, como ya queda dicho, para el botánico, sino también para todo el que desee conocer hoy el estado y tendencias de las Ciencias naturales.

Madrid 10 de Noviembre de 1885.

Máximo Laguna.

VARIEDADES.

PROGRAMA

PARA LA

ADJUDICACIÓN DE PREMIOS EN EL AÑO DE 1887.

ARTÍCULO 1.° La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales abre concurso público para adjudicar tres premios á los autores de las Memorias que desempeñen satisfactoriamente, á juicio de la misma Corporación, los temas siguientes:

I.

«*Exposición metódica de todos los géneros y especies de funciones que hasta ahora se conocen en el análisis matemático, dando noticia sucinta de su forma, símbolos, y propiedades fundamentales, con la referencia oportuna á los libros ó publicaciones donde puedan estudiarse la teoría completa y las aplicaciones de cada una de aquellas funciones.*»

II.

«*Estudio sobre las causas físico-meteorológicas que han producido en diferentes tiempos las grandes avenidas de los ríos torrenciales, en el Sur, Sudeste y Este de la Península Española.*»

III.

«*Estudio y descripción detallada de los fenómenos periódicos que ofrecen las aves en una de las tres regiones siguientes de España:*

Región litoral oceánica.

Región litoral mediterránea.

Región central.

La primera de estas regiones comprenderá desde el estrecho de Gibraltar hasta la desembocadura del Guadiana y desde la del Miño hasta la del Bidasoa; y además las zonas terrestre y marina correspondientes á las provincias de dicho litoral.

En la segunda región, que comprenderá desde el cabo de Creus hasta Gibraltar, se considerarán incluídas las islas españolas del Mediterráneo, y, como en la anterior, las zonas de las provincias del litoral.

Y la tercera región ó central, abarcará todas las provincias incluídas entre los límites terrestres de las dos zonas litorales mencionadas.

Los autores de los trabajos que aspiren al premio procurarán establecer de un modo exacto la clasificación científica de las aves de que traten, y para mayor ilustración añadirán la sinonimia vulgar con que sean conocidas en las distintas localidades. Además señalarán las especies sedentarias, domiciliadas, extrañadas, emigrantes, de paso y erráticas que suelen verse alguna vez en la región que se estudie, expresando detalladamente los fenómenos que ofrecen dichos animales y son referentes:

1.° A las mudas, al celo, y á las crías y educación de la prole.
2.° A la asociación y dispersión de los individuos en determinadas épocas y con fines diversos.
3.° A los fenómenos periódicos de plantas y otros animales, vicisitudes atmosféricas, y cambios meteorológicos, que coincidan con las emigraciones y retornos de las aves.
4.° A la razón ó causa que obliga á emigrar á las aves, ó á permanecer sedentarias en una comarca.
5.° A la limitación ó extensión de las emigraciones, de una región á otra de un continente, ó de un continente á otro distinto.
6.° A las diferencias de tiempo que entre las emigraciones de las aves adultas y jóvenes se advierte.
7.° A los viajes, y etapas ó estaciones de descanso momentáneo para proseguir la marcha.
8.° A los itinerarios fijos ó variables que siguen según las circunstancias.
9.° A la orientación que al partir toman é indica el rumbo que van á seguir en su viaje.
10. A la apreciación por ciertas especies de la luz de los faros para tomar tierra de noche ó dirigir su rumbo por el litoral.
11. A las distintas altitudes que alcanzan en la marcha, con distintos objetos.
12. A los accidentes que en un momento dado, de día ó de noche, determinan la partida de las aves viajeras ó emigrantes de una ó varias comarcas.
13. A la formación que observan en la marcha, con guía ó sin ella, en bandada compacta ó dispersa, aislados los individuos ó en sociedad más ó menos numerosa.
14. A los medios que emplean en las travesías de los mares para aliviar la fatiga de la marcha.
15. A las causas que determinan la presencia en Europa de especies exóticas ó propias del piélago.
16. A la aparición y desaparición temporal que se observa en aves supuestas invernantes.
17. Y, por fin, á las consecuencias de la perturbación en la marcha normal de los fenómenos periódicos generales, que directamente influyen en los de las aves *.

---

* Sobre los varios interesantes puntos que el tema de la Sección de Ciencias Naturales comprende, la Academia recibirá agradecida, en cualquier tiempo, cuantas comunicaciones, de carácter científico, ó redactadas en lenguaje vulgar, le sean dirigidas, encaminadas á ilustrar y definir, con las posibles claridad y fidelidad, los misteriosos ó mal estudiados fenómenos que en los modos de ser y de vivir las aves se advierten. Y no sólo la Academia agradecerá cuantas noticias, referentes á este complicado asunto, le sean facilitadas, y procurará darlas á luz, si las considera por cualquier concepto de algún interés, ó de remota utilidad siquiera, sino que las trasmitirá, con los nombres de las personas á quienes sean debidas, al Comité

2.° Los premios que se ofrecen y adjudicarán, conforme lo merezcan las memorias presentadas, serán de tres clases: *premio* propiamente dicho, *accésit*, y *mención honorífica*.

3.° El premio consistirá en un diploma especial en que conste su adjudicación; una medalla de oro de 60 gramos de peso, exornada con el sello y lema de la Academia, que en sesión pública entregará el Sr. Presidente de la Corporación á quien le hubiese merecido y obtenido, ó á persona que le represente; retribución pecuniaria al mismo autor ó concurrente premiado de 1500 pesetas; impresión, por cuenta de la Academia, en la colección de sus Memorias, de la que hubiere sido laureada; y entrega, cuando esto se verifique, de 100 ejemplares al autor.

4.° El *premio* se adjudicará á las Memorias que no sólo se distingan por su relevante mérito científico, sino también por el orden y método de exposición de materias, y redacción bastante esmerada, para que desde luego pueda procederse á su publicación.

5.° El *accésit* consistirá en diploma y medalla iguales á los del premio y adjudicados del mismo modo; y en la impresión de la Memoria, coleccionada con las de la Academia, y entrega de los mismos 100 ejemplares al autor.

6.° El *accésit* se adjudicará á las Memorias poco inferiores en mérito á las premiadas y que versen sobre los mismos temas; ó, á falta de término superior con qué compararlas, á las que reunan condiciones científicas y literarias aproximadas, á juicio de la Corporación, á las impuestas para la adjudicación ú obtención del premio.

7.° La *mención honorífica* se hará en un diploma especial, análogo á los de *premio* y *accésit*, que se entregará también en sesión pública al autor ó concurrente agraciado, ó á persona que le represente.

8.° La *mención honorífica* se hará de aquellas Memorias verdaderamente notables por algún concepto; pero que, por no estar exentas de lunares ó imperfecciones, ni redactadas con el debido esmero y necesaria claridad, para proceder inmediatamente á su publicación por cuenta y bajo la responsabilidad de la Academia, no se consideren dignas de *premio* ni de *accésit*.

9.° El concurso quedará abierto desde el día de la publicación de este Programa en la *Gaceta de Madrid*, y cerrado el 31 de Diciembre de 1887, hasta cuyo día se recibirán en la Secretaría de la Academia cuantas Memorias se presenten.

10. Podrán optar al concurso todos los que presenten Memorias que satisfagan á las condiciones aquí establecidas, sean nacionales ó extranjeros, excepto los individuos Numerarios de esta Corporación.

11. Las Memorias habrán de estar escritas en castellano ó latín.

Internacional Ornitológico, establecido en Viena, y eficazmente patrocinado por personajes de muy elevada jerarquía oficial, social y científica, que calurosamente tiene recomendada á todo el mundo su adquisición. Todo el mundo, pues, sabios é ignorantes, pero ignorantes teóricos de buen sentido, y dotados de atento y sutil espíritu de observación, pueden contribuir con sus trabajos, apreciaciones, advertencias y conjeturas, si no á la perfecta y completa resolución dentro de breve plazo, á la dilucidación con el tiempo y bajo distintos aspectos, del vasto problema que se les propone, por el momento de incitante interés ó atractivo, y de incalculable importancia en lo por venir.

12. Las Memorias que se presenten optando al premio se entregarán en la Secretaría de la Academia, dentro del plazo señalado en el anuncio de convocatoria al concurso, y en pliegos cerrados, sin firma ni indicación del nombre del autor, pero con un lema perfectamente legible en el sobre ó cubierta, que sirva para diferenciarlas unas de otras. El mismo lema de la Memoria deberá ponerse en el sobre de otro pliego, también cerrado, dentro del cual constarán el nombre del autor y las señas de su domicilio ó paradero.

13. De las Memorias y pliegos cerrados el Secretario de la Academia dará á las personas que los presenten y entreguen un recibo, en que consten el lema que los distingue y el número de orden de su presentación.

14. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *premio* ó *accésit* se abrirán en la sesión en que se acuerde ó decida otorgar á sus autores una ú otra distinción y recompensa, y el Sr. Presidente proclamará los nombres de los autores laureados en aquellos pliegos contenidos.

15. Los pliegos señalados con los mismos lemas que las Memorias dignas de *mención honorífica* no se abrirán hasta que sus autores, conformándose con la decisión de la Academia, concedan su beneplácito para ello. Para obtenerle se publicarán en la *Gaceta de Madrid* los lemas de las Memorias en este último concepto premiadas, y, en el improrrogable término de dos meses, los autores respectivos presentarán en Secretaría el recibo que de la misma dependencia obtuvieron como concurrentes al certamen, y otorgarán por escrito la venia que se les pide para dar publicidad á sus nombres. Trascurridos los dos meses de plazo, que para llenar esta formalidad se conceden, sin que nadie se dé por aludido, la Academia entenderá que los autores de aquellas Memorias renuncian á la honrosa distinción que legítimamente les corresponde.

16. Los pliegos que contengan los nombres de los autores no premiados, ni con *premio* propiamente dicho, ni con *accésit*, ni con *mención honorífica*, se quemarán en la misma sesión en que la absoluta falta de mérito de las Memorias respectivas se hubiese decidido. Lo mismo se hará con los pliegos correspondientes á las Memorias agraciadas con *mención honorífica*, cuando, en los dos meses de que trata la regla anterior, los autores no hubiesen concedido permiso para abrirlos.

17. Las Memorias originales, premiadas ó no premiadas, pertenecen á la Academia, y no se devolverán á sus autores. Lo que, por acuerdo especial de la Corporación, podrá devolvérseles, con las formalidades necesarias, serán los comprobantes del asunto en aquellas Memorias tratado: como modelos de construcción, atlas ó dibujos complicados de reproducción difícil, colecciones de objetos naturales, etc. Presentando en Secretaría el resguardo que de la misma dependencia recibieron al depositar en ella sus trabajos como concurrentes al certamen, obtendrán permiso los autores para sacar una copia de las *Memorias* que respectivamente les correspondan.

Madrid 31 de Diciembre de 1885.—El Secretario, *Miguel Merino*.

31 MAR 1886

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS NATURALES.

Moluscos de Bayona de Galicia 373

Estaciones Ornitológicas..... 415

La Evolución del Reino Vegetal..... 421

Variedades..... 425

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

31 MAR 1886

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 8.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS. 8.

1886.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y qu se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaz de la Villa, núm. 2, piso principal.

RUSTICA.

Ptas. Cént

MEMORIAS.—9 tomos completos, precio de cada uno..... 12,5

REVISTA DE LA ACADEMIA.—20 tomos, precio de cada uno... 6,0

ANUARIOS.—Cuatro tomos: 1883 al 1886, precio de cada uno. 2,5

Tomando de 5 á 10 ejemplares á la vez, de cualquiera de estas obras, se hará en l precios la rebaja del 15 por 100 y de 10 ejemplares en adelante la del 25 por 100.

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Na rales, y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tom encartonados, á 25 pesetas cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

DETERMINACIÓN DE LA HORA

con un anteojo portátil de pasos, en coincidencia aproximada con el meridiano.

I.

Objeto, si no exclusivo, muy principal de la Astronomía es el de asignar en un *momento cualquiera,* preciso ó bien definido, la situación de *cualquier astro* en la aparente bóveda del cielo. Y fundamento primero é indispensable de tan remota y maravillosa previsión es el conocimiento anterior de las posiciones de los astros, en momentos también perfectamente definidos ó determinados. Sin saber *qué hora es,* y no es cosa tan fácil saberlo como al vulgo parece, ni hay comprobación posible de las grandes verdades y atrevidas conclusiones astronómicas, de carácter teórico; ni medio tampoco de suministrar á la teoría los elementos de trabajo que necesita, é incesantemente demanda, para completar su obra, y penetrar en todos sus detalles el complicado mecanismo del Universo. Esto sin contar con que el *problema de la hora,* auxiliar indispensable para la resolución de multitud de problemas astronómicos interesantísimos, se convierte en problema principal, de aplicación inmediata, cuando se trata de la determinación de las longitudes geográficas: asunto que, con sobrada razón, ocupa y preocupa de continuo al navegante, juguete de olas y vientos; al geógrafo, que se enfrasca animoso en regiones inexploradas de la Tierra; y más todavía, ó con

mayor empeño, al geodesta, que procura afanoso determinar la figura y medir la amplitud de este mismo globo terráqueo, único ejemplar, inmediatamente accesible á las investigaciones humanas, de los globos análogos que ruedan por el firmamento, y donde las leyes de la Creación y las huellas del Hacedor deben estar indeleblemente estampadas.

No es, por lo mismo, extraño que el mencionado problema, aunque de modestísima apariencia, y desde muy antiguo resuelto por variados procedimientos de observación y de cálculo, aunque con grado muy distinto de aproximación á la verdad, según los tiempos, los elementos de trabajo, las circunstancias eventuales de la operación, y las necesidades ó aspiraciones del observador, preocupe todavia á los astrónomos, empeñados constantemente en volverle á resolver, ó en términos más breves y sencillos, ó con mayor grado de exactitud que en épocas pasadas. Y así se explica que el astrónomo anglo-americano, del Observatorio de Cincinnati, señor Ormond Stone, haya publicado, no ha mucho, en el Boletín de la *Sociedad de Historia Natural* de aquella población, una sucinta nota, concerniente á este importante asunto, considerándole desde punto de vista que alguna novedad ofrece, aun después de las ingeniosas y prolijas investigaciones, encaminadas al mismo fin, verificadas en años anteriores, con superior acierto, por el Sr. Dollen, del Observatorio ruso de Palkova.

El Sr. Stone prescinde de los demás medios de determinación de la hora, para fijar exclusivamente su atención en el modo de conseguirlo, valiéndose de un *anteojo de pasos*, próximamente situado en el plano meridiano; portátil además, ó de volumen y peso poco considerables; y expuesto por lo mismo, y por la precipitación con que á instalarle se haya de proceder muchas veces, á la grave contingencia de cambiar de posición, ó de *azimut*, en breve tiempo, y sin orden ó ley presumible: con un instrumento de campo, ó geodésico, en suma. Mas, para comprender bien la importancia de la regla de observación, y consiguiente procedimiento de cálculo de las observaciones con semejante instrumento verificadas, que el mencionado astrónomo propone, menester son algunas explicaciones previas.

II.

Instalado un anteojo astronómico de pasos en el meridiano de un lugar cualquiera, basta observar con él el paso por el mismo plano de una estrella, exactamente catalogada, ó cuya posición aparente en el cielo sea ya perfectamente conocida, para deducir la hora *sidérea*, é indirectamente la *solar*, si fuere menester, en que el fenómeno acaece: hora igual á la que expresa el valor en tiempo de su *ascensión recta*. Si, pues, el cronómetro, en cierto modo y como inseparablemente asociado al anteojo, marca entonces otra hora distinta, la diferencia entre la que señale y la ascensión recta de la estrella, tomada con signo conveniente, expresará su *estado* de adelanto ó atraso en aquel momento. Esto, en principio, es rudimentario.

Pero ¿cómo se instala, ó puede establecerse, un anteojo en el meridiano?—Con el grado de precisión que la buena y factible resolución final del problema demanda, de ningún modo. Ni de sensato siquiera podría calificarse el intento de conseguirlo.

Para que un anteojo de pasos pueda, en efecto, considerarse en perfecta coincidencia con el meridiano, en todas sus posiciones, ora apunte al horizonte por el norte ó por el sur, ora al zenit, ó al nadir, necesitase:

1.° Que su *eje de rotación* sea horizontal;

2.° Que, indefinida é idealmente prolongado, coincida este mismo eje con la *perpendicular* á la meridiana, ó línea *Este-Oeste;* y

3.° Que sea perpendicular además al *eje óptico* del anteojo, definido por el centro del objetivo y el hilo central del retículo, ó por el hilo ideal correspondiente á la posición media de los varios hilos de que el retículo, ó sistema de líneas de referencia, se compone. Condiciones las tres, con exactitud geométrica, imposibles de realizar sobre el terreno de un modo material.

Si como en la práctica sucede con frecuencia, ó siempre que á la instalación del anteojo se procede con grande esmero,

las tres aproximadamente se verifican, para definir la situación de ambos ejes, de *rotación* y *óptico*, fijo ó estable el primero. y variable en dirección, con la puntería y giro consiguiente del anteojo, el segundo, y poder calcular luego la influencia de sus desviaciones con respecto al meridiano en los resultados de la observación, hay que conocer:

1.° La posición en la esfera celeste de uno de los puntos de intersección con esta esfera del primer eje, indefinidamente prolongado, como poco antes se dijo; y

2.° El ángulo que uno con otro forman ambos ejes: ó, en términos más concretos, el formado por la prolongación hacia occidente del primero con la del segundo hacia el objeto ó astro enfilado con el anteojo.

Si, pues, la *distancia zenital* de la interseccion occidenmencionada se representa por 90°—*b;* por 90°—*a* su *azimut* contado desde el S.; y por 90°+*c* el ángulo, poco antes definido, de ambos ejes, las pequeñas cantidades *b*, *a* y *c* designarán respectivamente:

b: la *inclinación* con respecto al horizonte del eje de rotación del anteojo, considerada como *positiva* cuando el muñón ó extremo occidental resulte algo más elevado que el oriental, y como *negativa* de lo contrario;

a: el *azimut* del plano perpendicular al eje de rotación, y que parece describir al moverse el anteojo: azimut considerado como *positivo* también, cuando la intersección de este plano con el horizonte corresponda á los cuadrantes del S. al E. ó del N. al O., y como *negativo* cuando á los otros cuadrantes adyacentes; y

c: la *colimación* del eje optico, *positiva* cuando el ángulo de este eje con el de rotación, prolongado hacia occidente, comprenda en realidad más de 90°: ó cuando, por la influencia de esta sola causa, el astro enfilado con el anteojo, cerca de su culminación meridiana superior, se halle todavía en el hemisferio celeste oriental; y como *negativa*, si lo contrario se verifica.

Admitiendo por el momento que las cantidades *a*, *b* y *c* sean conocidas, del *tiempo* señalado por el cronómetro en el momento del paso de una estrella por el hilo ideal de referen-

cia (promedio de los tiempos correspondientes á los pasos por todos los hilos del retículo), se deducirá fácilmente el que deberia señalar en el momento efectivo del paso por el meridiano, y, por lo tanto, el *estado*, desconocido ó mal conocido del cronómetro, mediante la siguiente sencillísima fórmula, propuesta por el astrónomo aleman Tobías Mayer, que poco más adelante demostrarémos:

$$\alpha = T + \Delta T + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta) \sec \delta + b \cos (\varphi - \delta) \sec \delta + c \sec \delta;$$

en la cual representan

α: la *ascension recta* del astro observado, en el momento preciso de la observación;

T: el *tiempo* (hora, minuto, segundo y fracción de segundo) señalado entónces por el cronómetro;

ΔT: la incógnita principal del problema, ó el *estado* de adelanto ó atraso del mismo cronómetro;

φ y δ: la *latitud geográfica* del lugar y la *declinación* del astro observado, ambas aproximadamente conocidas ó préviamente determinadas; y

a, *b* y *c* los tres *errores* de *azimut*, *inclinación* y *colimación*, expresados en *segundos de tiempo*, á razón de segundo de este nombre por cada 15 segundos de arco.

Fórmula, aunque muy sencilla, ventajosamente sustituida con frecuencia, por cualquiera de estas dos á ella equivalentes: la primera propuesta por Bessel, y por Hansen la segunda:

$$\alpha = T + \Delta T + m + n \operatorname{tang} \delta + c \sec \delta: \text{ ó}$$

$$\alpha = T + \Delta T + b \sec \varphi + c \sec \delta + n (\operatorname{tang} \delta - \operatorname{tang} \varphi):$$

en las cuales *m* y *n* representan los *complementos*, positivos ó negativos, y generalmente muy pequeños, del *horario*, $90^\circ - m$, y *distancia polar*, $90^\circ - n$, del punto de intersección con la bóveda celeste del eje de rotación del anteojo, indefinidamente prolongado hacia el Oeste.—De la compara-

ción de las fórmulas, idénticas en el fondo, de Mayer y de Bessel, se deducen las siguientes relaciones, muy importantes, entre las pequeñas cantidades m y n, y las a y b, que definen la situación de aquel punto, y por lo tanto del anteojo, ó entre sus *coordenadas* en dos distintos sistemas de planos de referencia:

$$\left.\begin{aligned} m &= a \operatorname{sen} \varphi + b \cos \varphi \\ n &= b \operatorname{sen} \varphi - a \cos \varphi \end{aligned}\right\} \quad \text{ó} \quad \left.\begin{aligned} a &= m \operatorname{sen} \varphi - n \cos \varphi \\ b &= m \cos \varphi + n \operatorname{sen} \varphi \end{aligned}\right\}$$

En cualquiera de las tres fórmulas anteriores de reducción al meridiano de las observaciones hechas en plano poco distinto del de éste nombre, deberá ponerse $12^h + \alpha$ en vez de α, y $180° - \delta$ por δ, cuando la estrella observada, á que las coordenadas α y δ se refieren, sea una *circumpolar* en el momento aproximado de su *culminación inferior*, ó paso por el meridiano entre el polo y el horizonte.

III.

De los tres *errores a, b* y *c*, cuyo conocimiento previo parece, según lo acabado de exponer, indispensable para el cálculo de la corrección ΔT, ó del *estado* del cronómetro, el *b* es el que más sencilla ó más inmediatamente puede determinarse con auxilio del nivel, casi constantemente adaptado á los muñones de acero del eje de rotación, como si formase parte integrante y muy principal del instrumento con que se opera. Pero los muñones, aun suponiéndolos cilíndricos y de seccion recta circular (de lo cual habrá que cerciorarse previa y cuidadosamente con el mismo nivel, anotando lo que indicare en muy diversas posiciones en altura del anteojo), pueden ser de radios algo diferentes; y la *inclinación aparente*, ó relativa á sus aristas superiores, ó superficies de contacto con la armadura del nivel, discrepará, en consecuencia, de la verdadera, referente á la línea de los centros. Determinando repetidas veces la inclinación aparente del eje de rotación, en posiciones inversas del mismo sobre las muñoneras, se logrará, no

sin trabajo y frecuentes vacilaciones, resolver prácticamente la duda, y zanjar luégo la dificultad, de la problemática diferencia de ambos muñones procedente, mediante las siguientes fórmulas:

$$b_1=\beta_1-\frac{{}^1/_2\,(\beta_1-\beta_2)\,\text{sen}\,q}{\text{sen}\,p+\text{sen}\,q},\ \text{y}\quad b_2=\beta_2+\frac{{}^1/_2\,(\beta_1-\beta_2)\,\text{sen}\,q}{\text{sen}\,p+\text{sen}\,q};$$

en las cuales representan:

β_1 y β_2 las *inclinaciones aparentes*, determinadas con el nivel, en las posiciones inversas y como simétricas del anteojo, *primera* y *segunda*, cualquiera que sea la que con el nombre de primera se designe;

b_1 y b_2 las *inclinaciones reales* buscadas, referentes á la línea de los centros de los muñones, ó al eje geométrico del eje material de rotación; y

$2p$ y $2q$ los ángulos de las horquillas ó colgantes del nivel, y de las muñoneras ó cajas de recepción y sustentación del eje y del anteojo. Si estos ángulos son iguales ó casi iguales unos á otros, como sucede las más veces, la corrección de las inclinaciones aparentes, β, para deducir las verdaderas, b, se reduce á ${}^1/_4\,(\beta_1-\beta_2)$, considerada como cantidad constante y determinable *à priori*, y que deberá aplicarse con los signos alternados + ó —, según los casos, ó la posición, *primera* ó *segunda*, del instrumento en que se observe.—Lo prudente, sin embargo, aun después de aplicada esta corrección, es disponer las cosas de manera que la incertidumbre desaparezca, por compensacion de errores; y para ello nada mejor que determinar el valor de ΔT dos veces, en posiciones inversas del anteojo, y por observación de dos estrellas, cuyas declinaciones difieran en ambos casos lo menos posible una de otra.

IV.

La colimación c puede determinarse por varios procedimientos, realmente muy sencillos, pero nunca con el grado de seguridad ó certidumbre á que el observador incesantemente aspira. Como que si veinte veces la determina, ora por

el mismo procedimiento con leves é inevitables variantes en los detalles, ora, mejor, por procedimientos distintos, casi siempre los resultados obtenidos discrepan unos de otros en cantidad, que no sabe si atribuir á errores fortuitos de observación, ó á la variabilidad, con la posición y condiciones variables de temperatura, de la incógnita, hipotéticamente constante, cuyo valor necesita y procura averiguar.

De los procedimientos aludidos, consiste por ventura el más sencillo en apuntar sucesivamente con el anteojo, después de bien afianzado en azimut, en posiciones inversas sobre las muñoneras, un objeto terrestre, lejano y bien definido; y en medir con el tornillo micrométrico, adaptado al ocular y en conexión con el retículo, la distancia angular del objeto enfilado al hilo central y fijo, ó al eje óptico del mismo anteojo. La semidiferencia de valores encontrados en ambas posiciones expresará el valor absoluto de la colimación, de signo variable y fácil de precisar en cualquier caso, según la posición *primera* ó *segunda*, *A* ó *B*, del anteojo, en que más tarde se observe y á que deba referirse. Todo en el supuesto de que, en los actos consecutivos de levantar el anteojo, invertirle, y volverle á colocar sobre las muñoneras, la base del instrumento no experimente alguna sacudida y consiguiente cambio de azimut: lo cual, como único medio de cerciorarse de la exactitud del resultado, obliga á repetir la operación dos ó más veces, y convierte en largo y enojoso lo que al pronto parecia por extremo breve y sencillo.

Como la colimación del anteojo, en su posición horizontal, podria no coincidir exactamente con la que á otra muy distinta posición corresponda, para depurar la verdad, ó sumirse en mar de confusiones, determínase también el valor de *c* por este otro procedimiento, sustancialmente idéntico al anterior.

Orientado ya y nivelado el anteojo, del mejor modo asequible, y bien amordazado asimismo en azimut, se aguardará á que la estrella *Polar*, ú otra circumpolar cualquiera, de posición conocida, penetre en el campo visual, por efecto del movimiento de rotación diurna de la esfera celeste. En un extremo del campo se observarán entónces los pasos de la

estrella por algunos hilos del retículo, fijos y bien determinados, ó *micrométricos* movibles; pero igualmente bien definidos éstos, por su distancia al hilo central, expresada en revoluciones ó vueltas, ó en partes de revolución, del tornillo. Y, antes de que pase por el central, se invertirá la posición del anteojo sobre las muñoneras, y se volverán á observar los pasos de la estrella por los mismos hilos de un principio, alguno más ó menos, naturalmente ahora en la región opuesta del campo. Reduciendo al *promedio* de los hilos fijos, ó al eje óptico principal del anteojo, los pasos laterales observados en ambas posiciones; suponiendo conocida la *inclinación*, b, del eje de rotación, antes y después de invertirle, y para conocerla habrá que leer repetidas veces lo que el nivel indique en sus dos posiciones ó colocaciones posibles, inmediatamente antes de emprender la operación y después de terminada; y suponiendo además que ni el *azimut*, a, del anteojo, ni el *estado*, ΔT, del cronómetro, han sensiblemente variado en el intervalo muy breve de la operación, el valor de c se deducirá de la siguiente fórmula:

$$c = {}^1/_2 (T_2 - T_1) \cos \delta + {}^1/_2 (b_2 - b_1) \cos (\varphi - \delta),$$

si los pasos observados son los de una estrella cerca de su culminación *superior;* ó de esta otra.

$$-c = {}^1/_2 (T_2 - T_1) \cos \delta + {}^1/_2 (b_2 - b_1) \cos (\varphi + \delta),$$

si cerca de la *inferior:* fórmulas ambas que inmediata y sencillísimamente se deducen de la de Mayer, en los supuestos referidos, y en los cuales representan:

T_1 y T_2 los *tiempos* de las observaciones, señalados por el cronómetro, y reducidos al promedio de los hilos, respectivamente en las posiciones *primera* y *segunda* del anteojo; y

b_1 y b_2 las inclinaciones reales del eje de rotación, en las posiciones inversas mencionadas.

Y por si el conocimiento de la colimación, en posición horizontal del anteojo, ó inclinada de 35 á 45° con respecto al horizonte, dentro de los límiles geográficos de nuestra Penín-

sula, no se considerase suficiente, todavía puede determinarse en posición vertical, comparando la situación de los hilos del retículo con la de sus imágenes, formadas por reflexión de la luz en un baño de mercurio, ó terso y brillante espejo, sólidamente cimentado debajo del mismo anteojo.—Cambiando para ello de ocular, ó adaptando al ocular ordinario una simple lámina ú hojuela de mica, inclinada 45° con respecto al horizonte, y lateralmente iluminada por la llama de una lamparilla, ó por la intensa y uniforme claridad del dia, bastará apuntar con el anteojo al baño, ó enfilarle hacia el nadir, para cerciorarse de si el hilo central del retículo coincide ó no con su imagen, reflejada por el mercurio. Y si no hay coincidencia, como no la habrá en la inmensa mayoria de casos, con el tornillo é hilo micrométricos, que completan el sistema reticular del anteojo, se medirá la distancia angular, M, interpuesta entre ambos objetos comparados. Prescindiendo, por de pronto, de los signos, esta diferencia representa el duplo de la diferencia de valores angulares de *b* y *c*; y, como *c* cambia de signo cuando el anteojo se invierte sobre las muñoneras, repitiendo la operación dos veces, en las posiciones primera y segunda del anteojo, resultará, sucesivamente, suponiendo que *inclinación* y *colimación*, permanezcan invariables durante el intervalo empleado en determinarlas por este procedimiento, que

$$b - c = {}^1/_2\, M_1 \; ; \quad \text{y} \quad b + c = {}^1/_2\, M_2$$

Si, además, *b* y *c* se consideran como cantidades positivas en la posición primera del anteojo, y *b* es entonces mayor que *c*, el hilo central del retículo se verá al *Este* de su imagen reflejada; y al *Este* también, pero á mayor distancia de su imagen que en la primera, en la posición segunda. Al *Oeste* en el primer caso, y al *Este* en el último, cuando *b* sea menor que *c*. Y en coincidencia el hilo con la imagen, en un caso, y al *Este* asimismo de la imagen en el otro, cuando, por excepción, *b* y *c* sean de la misma amplitud angular. Atribuyendo, pues, á M el signo + cuando el hilo central corresponda ó se observe al *Este* de su imagen, y el —, cuan-

do se advierta ó suceda lo contrario, de las dos ecuaciones anteriores se desprenden estas otras:

$$b = {}^1/_4\ (M_2 + M_1)\ ,\ y\ c = {}^1/_4\ (M_2 - M_1)$$

Valederas ambas si á las cantidades M se atribuyen siempre los signos convenidos, cualesquiera que sean las relaciones, en magnitud y signo, existentes entre *b* y *c:* cantidades incógnitas, positivas ó negativas, y que por este un poco extraño procedimiento se trata simultáneamente de determinar.

La dificultad para determinarlas, disfrazada ú oculta en las sencillísimas expresiones anteriores, estriba en que *b* representa la inclinación *real* del eje de rotación del anteojo, y no la *aparente*, que el nivel apoyado en los muñones revela. Y como los valores de M_1 y M_2 dependen de esta inclinación aparente, distinta, si los muñones son de diámetros diferentes, en ambas posiciones del anteojo; ó de la desigualdad de estos diámetros, agente en cada posición con distinto signo también; representando por β_1 y β_2 las inclinaciones aparentes, y por $\pm\ \varepsilon$ las correcciones que deben experimentar para convertirse en verdaderas, á las ecuaciones en primer término consignadas, deberán reemplazar estas otras:

$$\beta_1 + \varepsilon - c = {}^1/_2\ M_1\ ,\ y\ \beta_2 - \varepsilon + c = {}^1/_2\ M_2$$

De las cuales se deducirán los valores de $(\beta_1 + \varepsilon)$ y $(\beta_2 - \varepsilon)$, ó de b_1 y b_2, con independencia del nivel, cuando la colimación *c* sea conocida, ó se hubiere determinado por cualquier otro procedimiento; ó el de la colimación, que es lo principal ahora,

$$c = {}^1/_4\ (M_2 - M_1) - \varepsilon\ ,$$

si ε se supone conocida y determinada por la relación

$$\varepsilon = {}^1/_4\ (\beta_2 - \beta_1),$$

admisible como cierta en muchos casos.

El error, *c*, de colimación deberá, pues, finalmente considerarse como de investigación algo más difícil que el *b*. de inclinación; y, en cierto modo, ó hasta cierto punto, como dependiente de éste, y sometido, en consecuencia, á sus mismas causas de incertidumbre. Sin renunciar por eso á determinarle con el mayor cuidado posible, y después de corregida de su influencia la observación del paso de una estrella, para referir este paso al meridiano, cuando el valor del estado del cronómetro, ΔT, haya de obtenerse con grado sumo de precisión, convendrá disponer las operaciones de manera que los errores propendan por sí mismos á compensarse ó anularse; y para ello nada más racional que observar, en posiciones inversas del anteojo, los pasos de dos estrellas de muy parecida declinación, ó culminantes próximamente á la misma distancia, y al S. generalmente, del zenit. Precaución ya aconsejada para eliminar la influencia que en los resultados finales de la operación, ó en el valor de ΔT, pudiera ejercer una mala ó incierta determinación de la inclinación del eje, procedente de la desigualdad de los muñones.

V.

Conocidos los valores de *b* y *c*, el del azimut *a* se podrá determinar observando en la misma posición del anteojo, ó en posiciones inversas, los pasos consecutivos de dos estrellas, situadas una cerca del polo y otra del ecuador, ó á muchos grados de distancia en *declinación* una de otra, y á muy pocos minutos de tiempo en *ascensión recta*. Si en el breve intervalo comprendido entre ambas observaciones, el *estado*, ΔT, del cronómetro no ha variado sensiblemente, ó si la variación, por experiencia previa, fuese ya conocida, aplicando á la reducción de los pasos de las dos estrellas la fórmula de Mayer, se obtendrían estas dos ecuaciones, con solas dos incógnitas, ΔT y *a:*

$$\alpha_1 = T_1 + \Delta T + a \operatorname{sen}(\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 + b \cos(\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 + c \sec \delta_1 \text{ ; y}$$
$$\alpha_2 = T_2 + \Delta T + a \operatorname{sen}(\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 + b \cos(\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 + c \operatorname{cec} \delta_2$$

O estas otras, en la apariencia más sencillas:

$$\alpha_1 = \theta_1 + \Delta T + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 \text{ , y}$$
$$\alpha_2 = \theta_2 + \Delta T + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 :$$

en las cuales designan:

α_1 y α_2 las ascensiones rectas de las estrellas observadas, *primera* y *segunda*, por el orden de su observación;

δ_1 y δ_2 sus declinaciones respectivas; y

θ_1 y θ_2 los tiempos de sus pasos realmente observados, ó inferidos por el cálculo, por el hilo promedio del retículo: tiempos iguales á los T_1 y T_2, después de corregidos éstos de inclinación y colimación, y de corregidos también, si hubiere necesidad, de la variación mencionada, ó *movimiento* del cronómetro, en el intervalo de las observaciones.

Para que las ecuaciones anteriores sean realmente distintas, y puedan emplearse con utilidad en el cálculo de las dos incógnitas, ΔT y a, menester es que las declinaciones δ_1 y δ_2 difieran una de otra notablemente. En este supuesto, basta restar de la segunda ecuación la primera, y efectuar algunas transformaciones trigonométricas muy sencillas, para obtener el siguiente resultado, ó fórmula adecuada al cálculo del azimut:

$$a = \left\{ (\alpha_2 - \alpha_1) - (\theta_2 - \theta_1) \right\} \times \frac{\cos \delta_1 \cos \delta_2}{\cos \varphi \operatorname{sen} (\delta_1 - \delta_2)} = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) - (\theta_2 - \theta_1)}{\cos \varphi \, (\operatorname{tang} \delta_1 - \operatorname{tang} \delta_2)}$$

En la cual, como ya poco antes se advirtió, deberá ponerse por α la expresión $12^h + \alpha$, y por δ el suplemento $180^o - \delta$, cuando la estrella á que las coordenadas celestes α y δ se refieran haya sido observada cerca de su paso *inferior* por el meridiano, y no en la culminación *superior*.

Como también poco antes se indicó, la influencia de la, inevitablemente, algo defectuosa ó incierta determinación de los valores de b y c se elimina en los resultados finales, concernientes al de ΔT, observando, en posiciones inversas del anteojo, dos, cuatro, ó más estrellas, cuyas declinaciones comprendan, aproximadamente, los mismos números de grados. Mas, para eliminar de un modo análogo, ó por simple com-

pensación de errores, la influencia del azimut *a*, ó del error que en la determinación de esta cantidad se haya cometido, independiente de la posición, *primera* ó *segunda*, del anteojo, hay que combinar las estrellas observadas en ambas posiciones por pares y en terminos de que aproximadamente se verifique esta relación entre sus declinaciones y la latitud geográfica, φ, del lugar donde se opera:

$$\text{sen } (\varphi - \delta_1) \text{ sec } \delta_1 = -\text{ sen } (\varphi - \delta_2) \text{ sec } \delta_2 \text{ : ó}$$
$$\text{tang } \varphi - \text{tang } \delta_1 = \text{tang } \delta_2 - \text{tang } \varphi$$

O, lo que viene á ser igual: hay que observar dobles pasos de estrellas, culminantes cerca y á la misma distancia casi del zenit, por el sur una, y otra por el norte.—Todo lo cual complica, más de lo que por de pronto podía presumirse, la determinación final del valor de ΔT, dependiente de los valores de *a*, *b* y *c*.

VI.

Tanto la complica que una buena determinación del *estado*, ΔT, del cronómetro ó péndulo sidéreo, empleado en las observaciones, demanda, por los varios motivos expuestos:

1.° La observación de una estrella circumpolar, en las posiciones *primera* y *segunda*, *A* ó *B*, del anteojo de pasos.

2.° La de dos, cuatro, ó más estrellas de *estado*, circunzenitales, ó comprendidas entre el zenit y el ecuador, en la posición última, *B*.

3.° La de otras tantas estrellas del mismo nombre, y aproximadamente de iguales declinaciones, en la primera, *A*.

4.° La de otra estrella circumpolar, en las mismas condiciones de un principio. Y

5.° La lectura del nivel, á ser posible constantemente apoyado sobre los muñones, tanto al empezar como al concluir la serie de observaciones, y, aun si no hubiere en ello grave inconveniente, entre cada par de estrellas observadas.

Conocida en cualquier momento la *inclinación b*, y suponiendo invariable el *azimut*, *a*, mientras las observaciones se verifican, la *colimación c*, se desprenderá, por la fórmula

poco antes propuesta para este objeto, de los dobles pasos observados de ambas estrellas circumpolares; y como de comprobación, hasta cierto punto, de la invariabilidad hipotética y absolutamente necesaria del azimut, servirá el acuerdo de los dos valores que como expresión de *c* se obtuvieren. Y, determinados ya los de *b* y *c*, para hallar los de *a* y ΔT dispondremos luego de tantas ecuaciones de primer grado con estas dos incógnitas como estrellas se hubieren observado, resultantes de la aplicación á cada caso particular de las fórmulas de reducción al meridiano de Mayer, ó de Bessel ó Hansen, que para el caso valen lo mismo. Si con las dos circumpolares se combinan dos ecuatoriales, y los valores de *a*, calculados por la fórmula del párrafo anterior, resultaren iguales, ó uno de otro muy poco discrepantes, de la estabilidad del anteojo en el intervalo ó transcurso de las observaciones no podrá racionalmente dudarse; y el *estado*, ΔT, se deducirá entonces, mediante la reducción al meridiano de las estrellas de este nombre observadas, con muy grande aproximación á la verdad.

VII.

Contrarían la aplicación del anterior procedimiento para la determinación de la *hora*, irreprochable casi en teoría, de una parte la instabilidad de los instrumentos portátiles ó geodésicos: teodolitos, ó simples anteojos de pasos, de poco peso, y que es menester emplazar sobre pilares de ladrillo recién construídos, húmedos de consiguiente, y expuestos á flaquear ó ceder en cualquier sentido y de un modo muy irregular casi siempre; y, de otra, la dificultad de cerciorarse de su constancia en azimut, ó de medir la amplitud de la variación en el sentido azimutal, procedente de la escasez de estrellas circumpolares bien definidas, culminantes en momentos oportunos, ó de conformidad con los deseos y plan de trabajo del observador. Para determinar la inclinación todas las horas son buenas; y en la constancia de la colimación puede abrigarse confianza durante largo rato, durante toda una noche, y aun de varios días consecutivos, Pero el azimut

varía con la misma ó mayor facilidad que la inclinación; y como, de noche sobre todo, ó faltando un punto de *mira* bien perceptible, lejano y sólidamente establecido, no hay medio expedito de cerciorarse de si ha variado ó no, y menos de apreciar la amplitud de la variación, las observaciones para determinar el valor de ΔT sólo pueden emprenderse cuando cerca del meridiano existe alguna estrella circumpolar, para darlas por terminadas tras la culminación de una segunda estrella de este nombre: á horas, y no es el menor inconveniente del método, con demasiada frecuencia intempestivas.

Para remediar esta dificultad se discurrió, tiempo ha, y ha sido perfeccionado y formulado en términos, relativamente sencillos, por el astrónomo ruso Sr. Dollen, otro procedimiento de determinación de la *hora*, ó del *estado* de un cronómetro, por observaciones con un anteojo de pasos, instalado, no precisamente en el meridiano, ó muy cerca de este plano celeste, sino en un plano vertical hasta cierto punto arbitrario, que, al emprender las observaciones, ó mientras éstas, con la posible rapidez se verifican, puede, sin demasiada impropiedad, considerarse como *vertical* de una estrella circumpolar cualquiera: generalmente de la α *Ursæ Minoris*.— El procedimiento de observación en este plano, aplicable en cualquier momento de la noche, es sustancialmente el mismo que en el meridiano; pero como el azimut a no será ya infinita ó sumamente pequeño, sino finito y de valor muchas veces considerable, el cálculo de ΔT se alarga y complica por extremo, cuando el antiguo procedimiento se abandona por el nuevo. De escasa importancia es, sin embargo, esta contrariedad, cuando ventajas é inconvenientes de ambos métodos se cotejan; y el de observación en el *vertical de la Polar*, debería, rigurosamente pensando, preferirse casi siempre al de observación en el meridiano, caso particular suyo, si para aplicarle no fuese necesario disponer de un instrumento especial, móvil en azimut á voluntad del observador, para poder situar el anteojo en cualquier plano, sin esfuerzo; y que, después de bien amordazado en determinada posición, la conserve, siquiera por breve rato, ó mientras las observaciones se efectúan, sin cambio sensible ó mensurable. Cuando el

observador dispone de un simple anteojo de pasos, desprovisto de movimiento azimutal amplio, como se necesita para enfilar la *Polar* en cualquier momento de la noche, y situación cualquiera de la estrella, sólo por excepción será factible aplicar el método especial propuesto por Dollen para determinar la hora; y entonces habrá que conformarse con orientar el instrumento en el meridiano, del mejor modo posible, y proceder á la resolución del problema por el camino ordinario y más trillado, afrontando todos sus inconvenientes y molestias.

A facilitar algún tanto este penoso trabajo de solucion, sistematizando el orden de las observaciones y operaciones de cálculo necesarias para ello, se reduce el *Nuevo Método para determinar la Hora*, propuesto por el Sr. Stone: todo lo nuevo que puede ser refiriéndose á problema tan vetusto, y por tantos y tan eminentes astrónomos estudiado como aquel á que se refiere. Expongámosle en pocas palabras, por el órden en que su autor le expone, aunque sin ceñirnos servilmente á sus pasos y manera peculiar, y no demasiado clara, de proceder en asunto tan sencillo.

VIII.

En la esfera celeste, de radio indefinido, cuyo centro *O* ocupa siempre en la apariencia el observador, figurémonos señalados estos puntos:

P: polo boreal, ó visible sobre el horizonte.

Z: zenit del lugar de observación.

S: punto cardinal del horizonte, llamado sur, origen de los azimutes.

W: el de intersección con aquella esfera del eje de rotación del anteojo de pasos, indefinidamente prolongado hacia occidente.

Y *E:* el de posición de la estrella, observada con el mismo anteojo, un poco antes ó después (después supondremos, para precisar las ideas) de su paso por el meridiano *P Z S*.

De conformidad con las explicaciones y advertencias consignadas en los párrafos anteriores, resultará en tales supuestos, que

$S\,Z\,W = 90^\circ - a$ representa el azimut del punto W, y
$W\,Z = 90^\circ - b$ su distancia zenital;

$Z\,P\,W = 90^\circ - m$ el horario del mismo punto, y
$W\,P = 90^\circ - n$ su distancia polar, complemento de su declinación;

$Z\,P\,E = T + \Delta T - \alpha$ el horario de la estrella observada, y
$E\,P = 90^\circ - \delta$ su distancia polar parecidamente;

$W\,O\,E = 90^\circ + c$ el ángulo de los dos ejes, óptico y de rotación del anteojo; y
$P\,Z = 90^\circ - \varphi$ la colatitud del lugar á que las observaciones corresponden.

De donde además se infiere que el ángulo,

$$E\,P\,W = Z\,P\,W - Z\,P\,E = (90^\circ - m) - (T + \Delta T - \alpha) = 90^\circ - (m - \tau)$$

suponiendo por brevedad que la muy pequeña cantidad angular, τ, representa lo siguiente:

$$\tau = \alpha - T - \Delta T.$$

y α, T y ΔT, como ya más atrás queda advertido repetidas veces, la ascensión recta de la estrella observada, el tiempo indicado por el cronómetro en el momento de la observación, y la corrección de este tiempo, ó el *estado* del cronómetro: verdadera incógnita del problema.

Del triángulo esférico E P W se deduce inmediatamente, que

$$\cos W\,E = \cos W\,P.\ \cos E\,P + \operatorname{sen} W\,P.\ \operatorname{sen} E\,P.\ \cos E\,P\,W.$$

Y del Z P W estas otras dos relaciones, análogas á la anterior:

$$\cos W\,Z = \cos W\,P.\ \cos P\,Z + \operatorname{sen} W\,P.\ \operatorname{sen} P\,Z.\ \cos Z\,P\,W, \text{ y}$$
$$\cos W\,P = \cos W\,Z.\ \cos P\,Z + \operatorname{sen} W\,Z.\ \operatorname{sen} P\,Z.\ \cos P\,Z\,W.$$

Pues si en las tres se ponen, por los lados y ángulos de los triángulos esféricos á que se refieren, las expresiones equivalentes, que determinan las posiciones relativas de los cuatro vértices, W, P, Z y E, sin la menor dificultad se transformarán en estas otras:

$$\begin{aligned} -\operatorname{sen} c &= \operatorname{sen} n.\ \operatorname{sen} \delta - \cos n.\ \cos \delta.\ \operatorname{sen} (\tau - m) \\ \operatorname{sen} b &= \operatorname{sen} n.\ \operatorname{sen} \varphi + \cos n.\ \cos \varphi.\ \operatorname{sen} m \\ \operatorname{sen} n &= \operatorname{sen} b.\ \operatorname{sen} \varphi - \cos b.\ \cos \varphi.\ \operatorname{sen} a. \end{aligned}$$

Y suponiendo que a, b y c, y m y n, representan ángulos bastante pequeños para que, operando con logaritmos de cinco cifras decimales, sin error sensible puedan tomarse los *arcos* por los *senos* ó *tangentes*, y considerarse como iguales á la unidad numérica los *cosenos*, de las tres ecuaciones anteriores, rigorosamente ciertas, se desprenden las que siguen, suficientemente aproximadas á la verdad casi siempre, ó siempre que en la rectificación y orientación del anteojo de pasos se haya procedido con algún esmero:

$$-c = n \operatorname{sen} \delta - (\tau - m) \cos \delta, \quad \text{ó} \quad \tau = m + c \operatorname{sen} \delta + n \operatorname{tang} \delta;\ \text{y}$$

$$\left.\begin{aligned} b &= n \operatorname{sen} \varphi + m \cos \varphi \\ n &= b \operatorname{sen} \varphi - a \cos \varphi \end{aligned}\right\}, \quad \text{ó} \quad \left.\begin{aligned} a &= m \operatorname{sen} \varphi - n \cos \varphi \\ m &= a \operatorname{sen} \varphi + b \cos \varphi \end{aligned}\right\}:$$

fórmulas, ó ecuaciones todas, que, sin demostrar ó legitimar su procedencia, anticipamos, como medio de darnos á entender en el asunto, en las páginas precedentes.

Poniendo en la primera de la derecha por τ su valor $\alpha - T - \Delta T$, transfórmase en la de reducción al meridiano de los pasos de estrellas observadas cerca de este plano, propuesta por Bessel:

$$\alpha = T + \Delta T + m + c \sec \delta + n \operatorname{tang} \delta.$$

Y si en esta, por m y n, sustituímos sus valores, ya encontrados á la vez casi que el de τ, en función de a y b, hallaremos la de Mayer, adecuada al mismo objeto:

$$\alpha = T + \Delta T + c \sec \delta + b \cos (\varphi - \delta) \sec \delta + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta) \sec \delta$$

Pues sin detenernos ahora en la determinación de los valores de c y a, dependientes de la observación del paso por el meridiano de alguna estrella circumpolar, y conviniendo en que estos valores, siquiera por breve rato, permanecen constantes, como es de necesidad imprescindible suponerlo siempre, apliquemos la fórmula anterior á la reducción de los pasos de dos estrellas, cuyas *ascensiones rectas*, α_1 y α_2, difieran muy pocos minutos de tiempo una de otra, y pocos también, en consecuencia, los tiempos, T_1 y T_2, de sus pasos respectivos, señalados por el cronómetro, para que en el intervalo sea como insensible ó nula la variación de este aparato, ó constante su *estado*, ΔT; pero cuyas *declinaciones*, δ_1 y δ_2, discrepen, por el contrario, muchos grados: en términos, por ejemplo, de que si una estrella circula en el ecuador celeste, ó por bajo de este plano, otra culmine, á los 30, 40 ó 50° de latitud, cerca ó por cima del zenit. Los resultados de la doble reducción indicada serán estos:

$$\alpha_1 = T_1 + \Delta T + c \sec \delta_1 + b \cos (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1, \text{ y}$$
$$\alpha_2 = T_2 + \Delta T + c \sec \delta_2 + b \cos (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 + a \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2$$

Si en estas dos ecuaciones prescindimos de los términos en que figuran la c y la b; ponemos por a otra cantidad A, que de ella diferirá seguramente poco; y por ΔT un cierto valor suyo aproximado, δT, obtendrémos estas otras más sencillas:

$$\alpha_1 = T_1 + \delta T + A \operatorname{sen} (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1, \text{ y}$$
$$\alpha_2 = T_2 + \delta T + A \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2$$

De las cuales, inmediata y sencillísimamente, se deduce que

$$A = \left\{ (\alpha_2 - T_2) - (\alpha_1 - T_1) \right\} \times M, \text{ y}$$
$$\delta T = (\alpha_2 - T_2) + \left\{ (\alpha_2 - T_2) - (\alpha_1 - T_1) \right\} \times N,$$

suponiendo que

$$M = \frac{\cos \delta_1 \cos \delta_2}{\cos \varphi \operatorname{sen} (\delta_1 - \delta_2)} = \frac{\sec \varphi}{\operatorname{tang} \delta_1 - \operatorname{tang} \delta_2}, \text{ y}$$
$$N = \frac{\operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) \cos \delta_1}{\cos \varphi \operatorname{sen} (\delta_2 - \delta_1)} = \frac{\operatorname{tang} \varphi - \operatorname{tang} \delta_2}{\operatorname{tang} \delta_2 - \operatorname{tang} \delta_1}$$

Del valor de A puede en cuanto sigue prescindirse, y su cálculo considerarse, por lo tanto, como de mera curiosidad ó conveniencia. Lo indispensable es conocer el valor de δT, relacionado con el de ΔT del modo que vamos á ver ahora.

De las dos ecuaciones precedentes, en que figuran los valores de ΔT y de a, restemos ordenadamente las otras dos, compuestas con los de δT y A, y hallarémos estas otras:

$$\Delta T - \delta T + c \sec \delta_1 + b \cos (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 + (a - A) \operatorname{sen} (\varphi - \delta_1) \sec \delta_1 = o, \text{ y}$$
$$\Delta T - \delta T + c \sec \delta_2 + b \cos (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 + (a - A) \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) \sec \delta_2 = o$$

Y por eliminación, entre las dos, de la diferencia $a - A$, conclúyese que

$$\Delta T = \delta T - c \sec \varphi . \frac{\operatorname{sen} (\varphi - \delta_1) - \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2)}{\operatorname{sen} (\delta_2 - \delta_1)} - b \sec \varphi$$

Expresión ésta que se transforma en la siguiente adjunta, suponiendo que una cualquiera de las dos estrellas observadas culmina al sur del zenit, y al norte la otra, ó vice-versa; y que en los momentos de sus pasos por el plano del anteojo, las distancias zenitales respectivas, z_1 y z_2, se confunden casi con las distancias zenitales propiamente meridianas, ó que $\varphi = \delta_1 \pm z_1$, y $\varphi = \delta_2 \mp z_2$:

$$\Delta T = \delta T - c \sec \varphi . \frac{\cos {}^1/_2 (z_1 - z_2)}{\cos {}^1/_2 (z_1 + z_2)} - b \sec \varphi$$

O, más abreviadamente:

$$\Delta T = \delta T - b \sec \varphi - \text{P.} \, c \sec \varphi$$

Las dos estrellas, *primera* y *segunda*, por el órden de sus culminaciones, á que las declinaciones δ_1 y δ_2, ó las distancias zenitales z_1 y z_2, se refieren, han sido, por hipótesis, observadas en la misma posición del anteojo, ó sin invertir el eje de rotación sobre las muñoneras que le sustentan: hallándose, por ejemplo, en ambos casos el círculo graduado que al anteojo acompaña al *Este* del meridiano. Pues si, tras

de aquellas dos estrellas, se observan otras dos, *tercera* y *cuarta*, en la posición inversa del instrumento, y por las fórmulas

$$\delta_1 T = (\alpha_4 - T_4) + \{ (\alpha_4 - T_4) - (\alpha_3 - T_3) \} \times N_1 , \text{ y}$$

$$N_1 = \frac{\operatorname{sen} (\varphi - \delta_4) \cos \delta_3}{\cos \varphi \operatorname{sen} (\delta_4 - \delta_3)}$$

se calcula el valor de $\delta_1 T$, aproximado, como el de δT, del que propiamente buscamos y necesitamos conocer, ΔT, por los mismos trámites de ántes concluiremos que

$$\Delta T = \delta_1 T + c \sec \varphi . \frac{\cos {}^1/_2 (z_3 - z_4)}{\cos {}^1/_2 (z_3 + z_4)} - b \sec \varphi ; \text{ ó}$$

$$\Delta T = \delta_1 T - b \sec \varphi + P_1 c \sec \varphi$$

Y sumando y restando los dos resultados finales así obtenidos, correspondientes á las observaciones hechas en posiciones inversas del anteojo, por eliminación entre las dos nuevas ecuaciones del producto *c sec* φ, dedúcese en conclusión este otro resultado muy notable:

$$\Delta T = {}^1/_2 (\delta_1 T + \delta T) - b \sec \varphi + R \times {}^1/_2 (\delta_1 T - \delta T) :$$

en el cual designa, por brevedad y claridad, la letra *R* lo que sigue:

$$R = \frac{P - P_1}{P + P_1} = \frac{\cos {}^1/_2 (z_1 - z_2) \cos {}^1/_2 (z_3 + z_4) - \cos {}^1/_2 (z_1 + z_2) \cos {}^1/_2 (z_3 - z_4)}{\cos {}^1/_2 (z_1 - z_2) \cos {}^1/_2 (z_3 + z_4) + \cos {}^1/_2 (z_1 + z_2) \cos {}^1/_2 (z_3 - z_4)}$$

O, suponiendo que $2Z = z_1 + z_2 + z_3 + z_4$,

$$R = \frac{\cos (Z - z_1) + \cos (Z - z_2) - \cos (Z - z_3) - \cos (Z - z_4)}{\cos (Z - z_1) + \cos (Z - z_2) + \cos (Z - z_3) + \cos (Z - z_4)} = \frac{p - p_1}{p + p_1} ; \text{ y}$$

$$c = \frac{\delta T - \delta_1 T}{P + P_1} \times \cos \varphi = (\delta T - \delta_1 T) \cos \varphi \times \frac{\cos Z + \cos {}^1/_2 \{ (z_1 - z_3) + (z_2 - z_4) \}}{p + p_1}$$

Lo que todavía parece complicar el cálculo final de ΔT, por medio de la última fórmula, es la presencia en ella del

término $R \times {}^1/_2\,(\delta_1 T - \delta T)$. Pero advirtamos que el segundo factor de este término, *semidiferencia* de dos valores aproximados de ΔT, tanto más aproximados cuanto mejor rectificado y orientado se encuentre el anteojo de pasos, debe ser, por regla general muy pequeño: para que valga, por ejemplo, $0^s,5$ menester será proceder en la operación con gran descuido. Pues el valor de R (nulo cuando $z_1 = z_3$ y $z_2 = z_4$; ó $z_1 = z_4$ y $z_2 = z_3$; ó $z_1 = z_3 = o$; ó $z_2 = z_4 = o$), si las dos estrellas observadas en cierta posición del instrumento discrepan, respectivamente, poco en situación de las otras, en posición contraria, ó si una de las primeras y otra de las segundas culminan, por el norte ó por el sur, cerca del zenit, resultará casi siempre pequeñísimo. Y el producto de ambos factores, $R \times {}^1/_2\,(\delta_1 T - \delta T)$, deberá en todos estos casos considerarse como prácticamente nulo ó despreciable. Con la incertidumbre de alguna *centésima* parte de segundo, el valor de ΔT podrá, pues, calcularse por la siguiente sencillísima fórmula:

$$\Delta T = {}^1/_2\,(\delta_1 T + \delta T) - b \sec \varphi,$$

sin pararse á determinar y conocer los de c y a, que deben suponerse constantes, sin embargo, el primero durante el intervalo de las observaciones de las cuatro estrellas, y el segundo mientras se observa cada par. En el acto de la inversión del anteojo, su azimut podría variar sin que esta formulita final se complicase en lo más mínimo: lo cual es cualidad del método, muy digna de tenerse en cuenta.

Por lo demás, si alguna vez cupiera duda acerca de la razón con que se prescinde por completo del término $R \times {}^1/_2\,(\delta_1 T - \delta T)$, (y la duda surgirá cuando el segundo factor sea de cierta sospechosa cuantía), nada más fácil que llegar á saber con fijeza á qué atenerse, procediendo al cálculo de R por medio de una tabla de líneas trigonométricas, ó de senos ó cosenos, *naturales*. Pero basta advertir que en el numerador de esta expresión figuran los mismos cuatro términos, que en el denominador; que, por regla general, cualesquiera que sean los valores de las z, los de los cosenos de los arcos, con ellas compuestos, resultarán siempre positivos; y que los términos del numerador que allí propenden á destruirse, en el deno-

minador se suman, y unos con otros se refuerzan, para presentir que, á no ser en casos muy excepcionales, á nada provechoso conducirá emprender semejante cálculo. Si, no obstante, se emprende alguna vez, recuérdese que los signos propios de las distancias zenitales de las cuatro estrellas observadas serán el + ó el —, según que las estrellas hayan culminado al *sur* ó al *norte* del zenit. Y al *sur* dos y otras dos al *norte*, una de cada par, conviene generalmente que culminen; aunque si ascienden dos hasta cerca del zenit, en vez de las que por el norte suele haber interés ó empeño en que le rebasen, no hay inconveniente grave en que las cuatro pasen por el sur, aunque á distancias considerables una de otra, las componentes de ambos distintos pares.

IX.

A esto, y no más, se reduce, si mal no le hemos comprendido, el procedimiento para determinar la hora, propuesto por el Sr. Stone: en suma, á lo siguiente:

1.° A observar dos estrellas, casi *zenital* una y *ecuatorial* otra, en determinada posición del anteojo de pasos, próximamente emplazado en el meridiano; y otras dos estrellas luego, en situaciones celestes análogas á las anteriores, en la posición inversa del eje de rotación sobre las muñoneras.

2.° A calcular, con los resultados de las dos primeras observaciones, el valor aproximado, δT, del estado del cronómetro, como si los errores *a*, *b* y *c* fuesen rigorosamente nulos; y el $\delta_1 T$, con el auxilio de los referentes á las otras dos estrellas. Y

3.° A tomar la semisuma de estos valores aproximados del ΔT, y á corregirla de *inclinación* por medio de la expresión sencillísima $b \sec \varphi$: en la cual por *b* deberá ponerse el promedio de las inclinaciones del eje de rotación del anteojo, determinadas con el nivel en el intervalo de las observaciones de pasos que se hubieren efectuado.

Por si todavía no nos hubiéremos dado á entender sobre este asunto con la necesaria claridad, agregaremos á cuanto precede un par de ejemplos:

1.° El 5 de Diciembre de 1878, y en un lugar de la Tierra cuya latitud boreal, φ, era de 39° 8′ 20″, se observaron cerca del meridiano, para determinar el *estado* desconocido ó mal conocido del cronómetro, empleado en combinación con el anteojo de pasos, los de las estrellas μ *Pegasi* y o *Andromedæ*, en la posición E. del instrumento; y en la O., simétrica de la anterior, los de las estrellas α *Pegasi* y λ *Andromedæ*.—Los tiempos, T, de las observaciones, contando con el *movimiento* ó variación del cronómetro en el intervalo de los pasos, ó referidos á la hora 23, á que muy aproximadamente corresponde el promedio de aquellos cuatro tiempos, y las coordenadas aparentes de los astros observados, α y δ, corregidas ya las α de *aberración diurna* de la luz, eran éstos:

μ *Pegasi*.....	$T_1=22^h46^m7.^s67$	$\alpha_1=22^h44^m10.^s10$	$\delta_1=23°57'59''$	E.
o *Andromedæ*.	$T_2=22\ 56\ 40.93$	$\alpha_2=22\ 56\ 21.58$	$\delta_2=41\ 40\ 50$	
α *Pegasi*.....	$T_0=23\ 1\ 23.19$	$\alpha_3=22\ 58\ 44.56$	$\delta_3=14\ 33\ 27$	O.
λ *Andromedæ*.	$T_4=23\ 31\ 29.14$	$\alpha_4=23\ 31\ 39.28$	$\delta_4=45\ 48\ 27$	

Con estos datos, el cálculo de δT y $\delta_1 T$, por las fórmulas poco antes consignadas, podrá disponerse como sigue, y verificarse, después de calculados también los logaritmos de N y N_1, como á renglón seguido se indica:

$$\alpha_1=22^h44^m10.^s10 \qquad \alpha_2=22^h56^m21.^s58$$
$$T_1=22\ 46\ 7.67 \qquad T_2=22\ 56\ 40.93$$
$$\alpha_1-T_1=\ -1\ 57.57 \qquad \alpha_2-T_2=\ -19.35$$
$$\alpha_1-T_1=\ -1\ 57.57$$
$$D=(\alpha_2-T_2)-(\alpha_1-T_1)=\ +1\ 38.22$$
$$D=\ +98.^s22$$

$$\log D = 1.99220$$
$$\log N = 9.23478n$$
$$\log DN = 1.22698n$$
$$DN = -16.87$$
$$\alpha_2-T_2 = -19.35$$
$$\delta T = -36.22$$

$\alpha_3 = 22^h 58^m 44.^s 56$ $\quad$ $\alpha_4 = 23^h 31^m 39.^s 28$

$T_2 = 23\ 1\ 23.19$ $\quad$ $T_4 = 23\ 31\ 29.14$

$\alpha_3 - T_3 = -2\ 38.63$ $\quad$ $\alpha_4 - T_4 = +10.14$

$\alpha_2 - T_3 = -2\ 38.63$

$D_1 = (\alpha_4 - T_4) - (\alpha_3 - T_3) = +2\ 48.77$

$D_1 = +168.^s 77$

$\log D_1 = 2.22730$

$\log N_1 = 9.44614n$

$\log D_1 N_1 = 1.67344n$

$D_1 N_1 = -47.14$

$\alpha_3 - T_3 = +10.14$

$\delta_1 T = -37.00$

$\varphi = 39^\circ\ 8'\ 20''$ $\quad$ $\varphi = 39^\circ\ 8'20'$

$\delta_2 = 41\ 40\ 50$ $\quad$ $\delta_4 = 45\ 48\ 27$

$\delta_1 = 23\ 57\ 59$ $\quad$ $\delta_3 = 14\ 33\ 27$

$\varphi - \delta_2 = -2\ 32\ 30$ $\quad$ $\varphi - \delta_4 = -6\ 40\ 7$

$\delta_2 - \delta_1 = 17\ 42\ 51$ $\quad$ $\delta_4 - \delta_3 = 31\ 15\ 0$

$\log \operatorname{sen} (\varphi - \delta_2) = 8.64685n$ $\quad$ $\log \operatorname{sen} (\varphi - \delta_4) = 9.06494n$

$\log \cos \delta_1 = 9.96084$ $\quad$ $\log \cos \delta_3 = 9.98583$

$\text{c.}^\circ \log \cos \varphi = 0.11035$ $\quad$ $\text{c.}^\circ \log \cos \varphi = 0.11035$

$\text{c.}^\circ \log \operatorname{sen} (\delta_2 - \delta_1) = 0.51674$ $\quad$ $\text{c.}^\circ \log \operatorname{sen} (\delta_4 - \delta_3) = 0.28502$

$\log N = 9.23478n$ $\quad$ $\log N_1 = 9.44614n$

El promedio de los dos valores, δT y $\delta_1 T$, igual á $-36.^s 61$, sería el de ΔT, si la inclinación b hubiera sido nula en el intervalo de las observaciones. Contando con ella, y calculando su influencia en los resultados por la fórmula $-b \sec \varphi$, hállase finalmente que ΔT es igual á $-36.^s 80$: exactamente como Stone concluye por camino en la apariencia algo distinto.

Para llegar á esta conclusión, ni se ha calculado, ni era menester calcular tampoco el azimut aproximado del anteojo, A ó A_1:

$$A = D \times M, \text{ ó } A_1 = D_1 \times M_1$$

Mas, si por cualquier motivo conviniese calcularle, la operación podrá disponerse como sigue, análogamente á la del cálculo de N ó N_1:

$$\begin{array}{rl}
\delta_1 = & 23^{o}\ 57'\ 59'' \\
\delta_2 = & 41\ 40\ 50 \\
\hline
\delta_1 - \delta_2 = & -17\ 42\ 51 \\
\varphi = & 39\ \ 8\ 20
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl}
\log \cos \delta_1 = & 9.\ 96084 \\
\log \cos \delta_2 = & 9.\ 87324 \\
\text{c.}^{o} \log \operatorname{sen} (\delta_1 - \delta_2) = & 0.\ 51674n \\
\text{c.}^{o} \log \cos \varphi = & 0.\ 11035 \\
\hline
\log M = & 0.\ 46117n \\
\log D = & 1.\ 99220 \\
\hline
\log A = & 2.\ 45337n
\end{array}$$

$$A = -284.^{s}0 = -1^{o}11'0''$$

$$\begin{array}{rl}
\delta_3 = & 14^{o}33'27'' \\
\delta_4 = & 45\ 48\ 27 \\
\hline
\delta_3 - \delta_4 = & -31\ 15\ \ 0 \\
\varphi = & 39\ \ 8\ 20
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl}
\log \cos \delta_3 = & 9.\ 98583 \\
\log \cos \delta_4 = & 9.\ 84328 \\
\text{c.}^{o} \log \operatorname{sen} (\delta_3 - \delta_4) = & 0.\ 28502n \\
\text{c.}^{o} \log \cos \varphi = & 0.\ 11035 \\
\hline
\log M_1 = & 0.\ 22448n \\
\log D_1 = & 2.\ 22730 \\
\hline
\log A_1 = & 2.\ 45178n
\end{array}$$

$$A_1 = -283.^{s}0 = -1^{o}10'45''$$

En el ejemplo propuesto se ve, pues, que el azimut, *a*, del anteojo es bastante considerable: mucho más de lo que será casi siempre en la práctica, si en la orientación del instrumento se procede con cautela, ó sin demasiada premura.

Y, aun en caso tan extremo como éste, ¿á cuánto asciende el valor del término despreciado $^1/_2\,(\delta_1\,T-\delta T)\times R$?

Para decidirlo calculemos por de pronto el valor de R, disponiendo las operaciones como sigue:

$\varphi = 39^\circ\ 8'$	$\varphi = 39^\circ\ 8'$	$\varphi = 39^\circ\ 8'$	$z_1 = 39^\circ\ 8'$
$\delta_2 = 23\ 58$	$\delta_2 = 41\ 41$	$\delta_3 = 14\ 33$	$\delta_4 = 45\ 48$
$z_1 = +15\ 10$	$z_2 = -\ 2\ 33$	$z_3 = 24\ 35$	$z_4 = -\ 6\ 40$
$Z = 15\ 16$	$Z = 15\ 16$	$Z = 15\ 16$	$Z = 15\ 16$
$Z-z_1 = +\ 0^\circ\ 6'$	$Z-z_2 = +17\ 49$	$Z-z_3 = -\ 9\ 19$	$Z-z_4 = +21\ 56$

$z_1 = +15^\circ 10'$	$\cos(Z-z_1) = 1.000$	$\cos(Z-z_3) = 0.985$
$z_2 = -\ 2\ 33$	$\cos(Z-z_2) = 0.952$	$\cos(Z-z_4) = 0.927$
$z_3 = +24\ 35$	$p = 1.952$	$p_1 = 1.912$
$z_4 = -\ 6\ 40$	$p_1 = 1.912$	
$2\,Z = 30\ 32'$	$p-p_1 = 0.040$	
$Z = 15\ 16$	$p+p_1 = 3.864$	$R = \frac{40}{3864} < \frac{1}{90}$

Luego:

$$^1/_2\,(\delta\,T_1-\delta\,T)\times R < 0.^s4\times\frac{1}{90} < 0.^s005$$

Y, además, como objeto de curiosidad:

$$c = \frac{+0.^s78}{3.864}\times\cos\varphi\times\left(\cos Z+\cos{}^1/_2\left\{(z_1-z_3)+(z_2-z_4)\right\}\right) =$$

$$+0.^s157\times(\cos 15^\circ 16'+\cos 2^\circ 36') = +0.^s157\times 1.964 = +0.^s307$$

2.° El 15 de Junio de 1881 se observaron en Madrid, á los $40^\circ 24' 30''$ de latitud, φ, con un círculo de Brunner, acabado de instalar sobre un pilar de ladrillo, y cronómetro de Dent, n.° 2443, arreglado á tiempo sidéreo, estas cuatro estrellas:

$\varkappa$ *Virginis.*	$T_1 = 14^h\ 2^m 35^s 78$	$\alpha_1 = 14^h\ 6^m 36^s 25$	$\delta_1 = -\ 9^\circ 43' 24''$	E.
λ *Bootis....*	$T_2 = 14\ 8\ 26\ 43$	$\alpha_2 = 14\ 11\ 54\ 33$	$\delta_2 = +46\ 38\ 7$	
33 *Bootis...*	$T_3 = 14\ 30\ 57\ 94$	$\alpha_3 = 14\ 34\ 27\ 36$	$\delta_3 = +44\ 55\ 7$	O.
α_2 *Libræ....*	$T_4 = 14\ 40\ 18\ 26$	$\alpha_4 = 14\ 44\ 21\ 46$	$\delta_4 = -15\ 33\ 1$	

Y los resultados obtenidos, por el procedimiento y fórmulas expuestas en las anteriores páginas, fueron los siguientes:

$$\delta\, T = +3^m33.^s39 \quad \text{y} \quad \delta_1 T = +3^m33.^s29$$

$$R < 0.01 \; ; \text{ y } R \times {}^1/_2 (\delta_1 T - \delta\, T) < 0.^s001$$

$$A = +34.^s77 = +8'\ 41.''55; \text{ y } A_1 = +34.^s78 = +8'\ 41.''70$$

Y $c = +\ 0.^s223$: valor este último de escasa confianza, aunque innecesario para el cálculo de ΔT.

Al promedio, ${}^1/_2 (\delta\, T + \delta_1\, T) = 3^m33.^s34$, hubo que aplicar la corrección $-b$ sec φ, igual en este caso, por ser $b = -\ 0,^s070$, á $+\ 0.^s09$, para deducir el valor de ΔT, igual á $+\ 3^m33.^s43$.

M. M.

CIENCIAS NATURALES.

ENTOMOLOGIA JUDICIAL.

Desde tiempos muy remotos viene la Medicina auxiliando con sus luces á la Administración de Justicia; pues, sin los conocimientos de aquélla, mál podrían muchas veces los Tribunales fallar equitativamente importantísimas cuestiones civiles ó criminales.

Pero no es sólo aquella ciencia la que presta servicios tales; porque se dan muchos casos en que no puede el simple médico asesorar cumplidamente al juez que ha de fallar una causa sobre sofisticación de alimentos, por ejemplo, ó de intoxicación punible. Es el químico analítico el que con mayor cúmulo de datos está llamado á ilustrar el proceso, poniendo de manifiesto si existe ó no existe engaño ó verdadera criminalidad, cometida con las materias que el juez somete al examen. Hasta el día, sólo la Medicina legal y la Química analítica han sido las ciencias consultadas en cuestiones judiciales, así como también los peritos del comercio, artes y oficios é industriales, etc., no habiéndose recurrido nunca á la Historia Natural; y, sin embargo, pueden darse varios casos en que sólo en esta ciencia el juez encuentre contestación á preguntas muy difíciles.

Y en efecto, ¿quién mejor que el naturalista, de conocimientos especiales en los variadísimos ramos que comprenden sus estudios, podrá dar contestación bien fundada sobre asuntos referentes á la propagación de males por medio de seres orgánicos, sus productos y alteración morbosa? ¿No ha sido el naturalista Pasteur quien ha demostrado cómo pueden

propagarse infecciones peligrosas, cuando, por falta de policía y sin la previsión necesaria, se sepultan las reses muertas por el carbunclo ó la bacera? Y, por otra parte, las cuestiones sobre la pertenencia específica y particular naturaleza de una sangre que se presenta como comprobante de un crimen; las del homomorfismo ó heteromorfismo admitido como demostrativo de la verdadera ó falsa hermandad entre individuos de una misma familia, sujetos ó no á fenómenos vitales asímiles ó disímiles, que pueden depender de causas diversas; y las de esterilidad de los sexos, ¿quiénes con más competencia que los naturalistas dedicados al estudio comparativo de los organismos y sus funciones podrán resolver con verdadero criterio?

Pero no son estos los más notables servicios que tales sabios pueden prestar á los Tribunales de Justicia; porque en la averiguación de la fecha en que ocurrió la muerte de un individuo cuyo cadáver se descubrió, no siendo los que presenciaron el fin natural ó trágico, nadie como un entomólogo podrá fijarla con mayor precisión y verdad. (1)

¿De qué manera? Veámoslo.

Varios son los motivos que mueven á los insectos á visitar los cadáveres, como hay variedad también en la elección que aquellos hacen de los diferentes tejidos y grado de putrefacción ó estado en que se encuentran. Es preciso esté en sazón el manjar que eligen ó destinan á sus larvas para que acepten el banquete que les ofrece un cadáver. Vanamente buscaríamos en un muerto reciente los *Anthrenus*, las *Nitidulas*, las *Necrobias* y los *Ptinus*, y mucho menos aun los *Acáridos de triticolas*, tales como los *Tyrogliphus*, por ejemplo.

Son los dípteros sarcófagos los primeros invasores que por

(1) Algunos tribunales franceses recientemente han solicitado el auxilio de los naturalistas para fijar la época de la muerte de individuos cuyos cadáveres fueron ocultos y descubiertos por la policía; y en la Gaceta de los Hospitales, 6 de Marzo de 1883, número 27, pág. 212, y en los Anales de Higiene y de Medicina legal, número de Febrero de 1885, pág. 121; y hasta en los Comptes Rendus de la Academia de Ciencias de París, sesión de 14 de Mayo de 1883, se ha encomiado dicho servicio.

las aberturas naturales asaltan el cuerpo de un muerto, depositando en todos los orificios millaradas de huevecillos, que dan origen más tarde á innumerables legiones de aquellos gusanillos blancos que en su día se convierten en *Ptoras*, *Sarcophagas*, *Tachinas*, *Catiophoras*, *Cyrtoneuras*, *Lucilias* y otro género de moscas y moscardones, bien conocidos del vulgo por haber frecuentemente observado el fenómeno referido hasta en las carnes crudas y caza muerta, mal guardada en la despensa. Esta multitud de gusanos se alimentan de los humores del cadáver, y para tal operación absorbente suelen también asociárseles algunos coleópteros necrófagos, tales como las *Silphas* é *Histeres*, que, penetrando por la piel, contribuyen eficazmente á descomponer los tejidos blandos.

Más tarde, cuando consumidos los humores acuosos, es la grasa la que empapa las partes sólidas, aparecen los *Dermestes*, cuyas larvas adipífagas se ceban en aquella sustancia, ayudándolas en la tarea las oruguillas de la *Aglossa pinguinalis*, microlepidóptero curioso de la familia de las *Pyralides*, cuya costumbre alimenticia difiere tanto de la de las otras mariposas.

Concluída la misión de los insectos adipífagos, y desecados, amomiados ó apergaminados los tejidos que no desaparecieron, nuevos huéspedes acuden, cuyos gustos especiales suelen diferir bastante. Las larvas de los *Anthrenus*, sin hacer caso de los músculos, tendones, ni huesos, devoran las sustancias córneas, como las uñas y epidermis endurecidas, y además no desprecian los cadáveres de los otros convidados que acudieron á comer antes. Los *Ptinus* prefieren los tejidos amomiados; y, por fin, los *Acáridos detriticolas* aprovechan los restos despreciados en la lúgubre merienda por los que les precedieron.

Como puede deducirse de lo que vengo relatando, los insectos de los géneros señalados no son todos verdaderos comensales, porque aunque comen en la misma mesa de una casa, ni lo hacen al propio tiempo, ni suelen encontrarse á la vez establecidos en ella, pues ya he dicho que los dípteros son los primeros huéspedes que llegan, y de los huevos que ponen nacen las legiones de gusanos que dan principio á la

consunción y desecación del cadáver, á cuya obra concurren un poco más tarde los *Silphales*, y, una vez terminada, desaparecen todos, no quedando más vestigios de su estancia que las pieles de las mudas de sus larvas, los despojos de las pupas de las crisálidas, ó de las mariposas, varios cadáveres quizás de los insectos perfectos que no pudieron encontrar salida para escaparse, ó uno que otro individuo vivo retrasado accidentalmente en sus metamórfosis, é invernando si le sorprendieron fríos tempranos ó anticipados.

En las sucesivas apariciones de los *adipífagos* y demás *necrófagos*, se observan fenómenos parecidos, comprobantes positivos de su estancia ó asistencia al comedero por el orden señalado; y del estudio escrupuloso que el entomólogo hace al examinar un cadáver puede deducir, y deduce con precisión bastante, el tiempo que ha transcurrido desde que ocurrió la muerte del individuo,

Y, en efecto, es la cosa más sencilla; pues se funda en principios fijos y conocidos, porque hasta los labriegos saben que hay un tiempo señalado á todos los animales para llegar á ser fecundos y para el celo, y, fecundadas las hembras, para la duración de su embarazo, ó la de la incubación en las especies ovíparas; y tiempo fijo también señalado tienen los gérmenes y semillas para nacer viables. Este tiempo, que puede ser más ó menos prolongado, resulta siempre cabal y exacto en cada uno de los casos referidos, salvo perturbaciones fortuítas que ocurran en los organismos.

Ahora bien: si tienen tal precisión los períodos de las referidas funciones en los animales vertebrados, es tanta ó mayor la que observamos en los articulados de la clase de los insectos, cuyo proceso vital puede muy bien compararse al de los vegetales anuos, bienales, etc, de los cuales las semillas germinan, y nacen á su tiempo las nuevas plantas, que también en plazo dado crecen, florecen, fructifican é irremisiblemente mueren al terminar este ciclo, dejando esparcidos los gérmenes de una futura generación, que recorrerá caminos idénticos.

Haciendo, pues, aplicación de los conocimientos indicados en este escrito, para averiguar el tiempo que ha transcurrido

desde la muerte de un individuo hasta que se descubrió el cadáver, el naturalista suma el que necesitaron los primeros invasores (*Dípteros* y *Silphales*) para la evolución completa de su generación inmediata. A esta cantidad añade las que representan las evoluciones semejantes de los *adipífagos* y demás *necrófagos*, hasta la de los *detríticolas* inclusive, y el número que resulte expresará, de un modo muy aproximado, los días, semanas, meses y hasta años que han pasado desde que ocurrió la muerte.

Y no es esto sólo lo que puede averiguarse; pues quedan medios de saber si el cadáver se ocultó en poblado ó despoblado, y si siempre estuvo escondido en el mismo sitio ó se le cambió de lugar para evitar se descubriera el crimen, y hasta cuándo tuvieron lugar tales traslados: porque siendo los insectos que visitan los cadáveres, unos urbanos y otros campesinos, unos habitantes de las casas y otros de las cuadras y corrales de las mismas, unos silvícolas ó agrícolas y otros paludícolas ó ribereños, los vestigios que de cada uno encontremos en el examen nos revelarán lo que haya ocurrido, viniendo quizás á confirmarlo la presencia de otros insectos, que, sin ser necrófagos, se hayan introducido furtivamente en el cadáver ó su mortaja, si la tuviere, en alguno de los sitios donde estuvo oculto.

Explicada la manera cómo un entomólogo puede informar á la Justicia en la averiguación del tiempo en que se cometió un homicidio, ó la muerte de algún animal, cuyo dueño se levanta contra el que le ha perjudicado, para ilustrar más este asunto, voy á copiar algunos casos ya ocurridos en los tribunales franceses, publicados por la prensa no hace mucho, para llamar la atención sobre la importancia que tiene el asunto.

Primer caso. Los periódicos de París, á fines de 1882, dieron noticia de un hallazgo lúgubre que tuvo lugar en una habitación que había ocupado algún tiempo antes una mujer equívoca. El hallazgo consistía en el cadáver de un muchacho de siete años, completamente desecado y encerrado en doble caja.

Poco tiempo después fué detenida por la policía una mujer llamada Robert, que confesó ser el cadáver de un hijo suyo, muerto de enfermedad hacía 18 meses; y más tarde añadió

á esta declaración, que, habiéndose olvidado el participar la muerte á la Alcaldía en tiempo oportuno, no se había atrevido después á reclamar la inhumación.

El cadáver en cuestión fué trasladado al depósito, encargando al profesor Brouardet que investigara, si posible era, las causas de la muerte y la época probable en que tuvo lugar, con el fin de comprobar lo dicho por la mujer Robert, acusada de infanticidio, ó por lo menos de inobservante de las prescripciones legales sobre inhumaciones.

Habiendo observado el profesor Brouardet, en la tela que envolvía el cadáver y en la cavidades esplácnicas, gran cantidad de despojos de insectos, pensó que quizás tales restos podrían proporcionarle datos preciosos para la solución, á lo menos en parte, de las cuestiones que el Juzgado le había planteado; pidiendo, en consecnencia, se le agregara á Mr. Meguin, entomólogo y veterinario del Regimiento núm. 12 de Artillería, dedicado al estudio de parásitos epizóicos, principalmente los acáridos, para que se encargara especialmente del estudio y papel que habían representado los insectos cuyos vestigios existían en el cadáver, apreciando el tiempo que debieron emplear para reducir á momia el cuerpo del niño Robert, tal como se presentaba.

El informe de Mr. Meguin, presentado al Tribunal, está concebido en los términos siguientes:

«El cadáver del niño Robert, desecado y momificado, está »colocado en doble caja, parecida á las cajas de jabón de las »tiendas, lo cual hizo se colocara con las piernas dobladas y »cruzadas como los sastres. El tronco está vestido con una »chaqueta de lana, y lo demás del cuerpo envuelto en tela, »resto de unas enaguas y de un water-proof de mujer, viejo. »Lo que sorprende al desenvolver dicha ropa, que está como »almidonada por un humor gelatinoso seco, es el número con»siderable de cascarones de ninfas ó crisálidas de dípteros »que se descubren; todos los pliegues están llenos y colocadas »unas al lado de otras como los alveolos de una colmena de »abejas; el número incalculable puede evaluarse en muchos mi»llares, y en la caja de preparaciones, en parte microscópicas, »que de los restos encontrados en el cadáver acompañan á este

»informe, pueden verse ejemplares. La inmensa cantidad de di-
»chos cascarones están vacíos, lo cual indica que se escaparon
»los insectos perfectos al transformarse; y los que aún están
»llenos tienen muertas las ninfas dentro, y algunos insectos
»transformados, dispuestos á salir del envoltorio: lo que faci-
»lita determinar la especie de díptero á que pertenecían; re-
»sultando ser los de los cascarones mayores la *Sarcophaga*
»*laticrus*, y los de los menores la *Lucilia cadaverina*. Más ade-
»lante diré las consecuencias que pueden sacarse de la exis-
«tencia de tales restos de dípteros.

»Despojada la momia de los envoltorios, se ven pegados á
»los huesos los tegumentos ó piel, efecto de la desecación y
»disipación casi completa de los músculos, que por otra par-
»te no parece haber sido grande su desarrollo. Dichos tegu-
»mentos, en gran parte destruídos y acribillados por nume-
»rosos agujerillos, como lo están las espumaderas, han sido
»sustituídos en mucha extensión por una materia pulverulenta
»y amarilla. La mayor parte de los huesos se ven desnudos
»y cubiertos por el mismo polvo amarillo, que, visto con el
»microscopio, está formado de despojos de *Acáridos* del gé-
»nero *Tyroglyphus* (*Tyr. longior*) y deposiciones del mismo.
»Las vísceras desaparecieron y están sustituídas por una ma-
»teria negruzca y grumosa, con olor penetrante de cera vie-
»ja, El cráneo tiene su cavidad rellena de una sustancia pul-
»verulenta, negruzca con reflejos micáceos, producidos por
»cristales de *cholesterina*. En esta materia, y principalmente
»en la del cerebro, aún se observan gran número de cascaro-
»nes de los dípteros citados, y además pieles y capullos de
»ninfas de insectos de otro orden y tamaño diferente, cuyos
»caracteres convienen á las mudas de las larvas de los *Der-
»mestes* y de *Anthrenus*, de quienes rebuscando bien se en-
»contraron algunos ejemplares adultos, resultando ser el *Der-
»mestes lardarius* y *Anthrenus museorum*. Estos coleópteros y
»sus larvas son los que agujerearon los tegumentos en los tér-
»minos que queda dicho.

»Reconocida la cabeza, cubierto aún su cuero cabelludo
»de pelo adherido, éste se veía lleno de enormes piojos y sus
»huevos: cada pelo parece un racimo de liendres. La espe-

»cie de piojo es el *Pediculos capitis*, y la muerte de este pa»rásito ha debido ocurrir pocos dias después de la del niño, »porque es sabido que sólo pululan sobre los cuerpos vivos »y no sobre cadáveres.

«Una vez terminado el examen ó reconocimiento del cuer»po del difunto niño Robert, veamos qué deducciones pueden »sacarse de todo lo observado.

»El cadáver encerrado en una caja, cuyas junturas sólo »por algunos lados dejaban rendijas de dos milímetros de luz, »no pudo ser asaltado por los moscardones mayores ni por »grandes coleópteros, y sólo, sí, lograron penetrar dentro las »pequeñas especies de *Sarcophagas* y *Lucilias*, tales como la »*laticrus* y *cadaverina*, cuyas innumerables larvas, producto de »varias generaciones, fueron las que asaltaron primero al ca»dáver que es objeto de este informe, dejando entre los plie»gues de la mortaja, para probar su visita, las millaradas de »despojos de sus ninfas que hemos mencionado al principio. »Dichas larvas se desarrollan en un mes, siendo necesario »otro para transformarse en insecto perfecto. Son, pues, dos »meses los que cada generación necesita para recorrer su ci»clo; y, como durante la bella estación funcionan, las varias »generaciones que se sucedieron dejaron atestados, como »queda dicho, los pliegues de la mortaja, con los numerosos »cascarones que ahora nos sirven para atestiguar la parte que »tales dípteros tomaron en la amomiación del cuerpo del niño «Robert. Las ninfas muertas que hemos dicho existían perte»necieron sin duda á la última generación y debieron sucum»bir por efecto de los primeros fríos del invierno.

»Al volver la primavera del año siguiente, purgado el ca»dáver de humores acuosos, fué invadido por los *Dermestes*, »de cuyas larvas se encontraron gran cantidad de pieles de »sus mudas, de diferentes tamaños, pues es sabido se repiten »algunas veces, á medida que van creciendo en los cuatro me»ses que tardan en transformarse en insecto perfecto. En es»tos cuatro meses se terminó la absorción de las materias gra»sas y los *Anthrenus* y *Tyrogliphus* aparecieron después por »su orden para continuar la consunción de los tejidos amomia»dos, y de su visita nos dan fe los detritos pulverulentos que,

»como queda consignado, cubrían los huesos descarnados. »Para todo esto ha sido necesario pasara una segunda esta- »ción de verano: de manera que, sumando las dos estaciones »estivales y la invernal intermedia que ha debido transcurrir, »la muerte del niño Robert cuenta efectivamente los 18 me- »ses declarados por su madre, ó algo más.

»La miseria que cubría la cabeza, llena de piojos y de »liendres la cabellera, si no sirve para fijar la fecha de la de- »función, atestigua por lo menos que la pobre criatura estuvo »abandonada y devorada por parásitos inmundos.

»La muerte de la acusada, por enfermedad, en la cárcel »hizo se sobreseyera en los procedimientos que contra la mis- »ma se seguían.

Segundo caso. «Un mandamiento del juez Mr. Guillot, fe- »chado el 26 de Enero de 1883 en París, dispuso que el Doc- »tor Descoust y el Veterinario entomólogo, indagaran, si posible »era, las causas, ó á lo menos la época en que había ocurri- »do la muerte de un recién nacido, cuyo cadáver acababa de »descubrirse desecado en el fondo de un armario, empotrado »en el muro de una casa del arrabal del Temple.

»El cadáver del niño, á pesar de su completa desecación, »tenía los tegumentos y órganos subcutáneos casi intactos, »fétidos é impresionados aquéllos por las arrugas de los paña- »les en que fué envuelto y fajado, los cuales parecían como »haberse empapado en un líquido gelatinoso que debió sol- »tar el cuerpo. Entre los pliegues de la tela se encontra- »ban alojados varios cascarones de ninfas de grandes *Dip- »teros sarcófagos*, y, en número mucho mayor, los de otro »diptero pequeño, de unos tres milímetros de largo, y del »cual existían algunos individuos transformados, circunstan- »cia que facilitó la clasificación, resultando ser la *Phora »aterrima*.

»En el lado izquierdo del cuello se veía un surco tortuoso »y rasgado, lleno de agujerillos pequeños, como los de un co- »lador fino, los cuales penetraban en lo interior del cuerpo, »exhalándose por dichas aberturas un hedor fuerte de cera »pasada. El surco mencionado parecía haber sido producido »por las larvas de las moscas referidas, y correspondía

»exactamente á un punto en que la tela tenía una abertura, »que dió paso á los sarcófagos. Cerca del mismo surco se en»contró el cascarón de la ninfa de un moscardón mayúsculo, »la *Callióphora vomitoria*, y millaradas de cascaroncillos de »las de la *Phora aterrima*. También entre el largo pelo del »niño abundaban los despojos mencionados.

»Las investigaciones practicadas en la superficie de la mo»mia nos dieron por resultado encontrar algunos acáridos »(*Tyroglyphus longior* y *Glyciphagus spinipes*) que recorrían la »piel, sin haber formado aún colonias de importancia para po»der producir aquel polvo amarillento formado con sus des»pojos y excrementos. Entre el pelo se encontró un pequeño »coleóptero, que también acostumbra visitar los cadáveres: era »un *Histerido, el Saprinus rotundatus*. Por más que se rebus»có, no pudo encontrarse vestigio alguno de *Dermestes* ni de »*Anthrenus*.

»Atendiendo á todo lo observado, las deducciones que se »sacan son: que la escasez de dípteros del grupo de los sar»cófagos indica que la época de la muerte debió ser en una »estación en que tales insectos no abundan ó apenas se en»cuentran, como sucede en el invierno y primavera destem»pladas. La abundancia de la *Phora aterrima*, que no invade »las materias en descomposición hasta que empiezan á secar»se, indica que á principio de verano, en que aquél díptero »abunda, la desecación del cadáver del niño estaba avanzada, »continuando durante todo el estío bajo la influencia absor»bente de las moscas citadas.

»Por fin, la falta de *Dermestes* y de *Anthrenus*, invasores de »segundo año y la escasez de los *Acáridos* prueban no haber »llegado á esta fecha la defunción del niño.

»Y, en vista de todo, puede asegurarse que el fallecimiento »no pasa de un año, debiendo haber ocurrido antes de la pri»mavera de 1882.

»La madre de la criatura difunta, objeto de este trabajo, »que era una criada presa, confesó que efectivamente la muer»te tuvo lugar en el mes de Febrero del año indicado.»

Pudiera añadir aún la relación de otros tres casos de in-fanticidios, informados por Mr. Meguin en los Tribunales de

París, y por el Dr. Bergeret (d'Arbois), que fué el primero que ideó la solución de esta clase de problemas por los conocimientos que suministran los estudios entomológicos (1); pero voy á terminar refiriendo los practicados con el mismo objeto por nuestro ilustrado consocio D. Julio Lichtenstein, corresponsal de la Academia en Montpellier, que tan útiles publicaciones ha dado á luz sobre las costumbres de los insectos.

El *Montpellier Medicale* de Febrero último (1885) publicó la relación de una causa promovida á consecuencia de haber encontrado unos albañiles, al derribar una casa, y entre el piso del cuarto principal y cielo raso del bajo, los restos de un feto, que fué por orden del Juzgado remitido al Laboratorio de Medicina legal, disponiendo se informara sobre el sexo y edad del feto; si nació ó no á término; si vivió; en qué época ocurrió la muerte; si provino ésta de una causa natural é inocente, ó causada por negligencia, imprudencia, ú omisión voluntaria; ó, en fin, si fué á consecuencia de un acto de violencia. Además, se mandaba examinar la tela en que estaba envuelto el esqueleto, para ver si las manchas de sangre que tenía eran de loquios que indicaran un parto reciente.

Como de las mencionadas preguntas se deduce, ni Mr. A. Moitessier, ni Mr. A. Jaumes, facultativos encargados del examen, pudieron contestar á muchas de ellas, y sólo por lo que concierne á las manchas de la camisa, la edad del feto y su viabilidad, dieron declaración científica del juicio que formaron, no pudiendo decir nada sobre el sexo ni sobre la clase de muerte que tuvo la criatura reconocida viable; apelando á los especiales conocimientos entomológicos de Mr. Lichtenstein para poder fijar la época en que con probabilidad debió ocurrir aquélla.

La declaración formulada por nuestro colega está concebida en los siguientes términos:

«Llamado por el Juzgado para reconocer el cadáver de un »feto depositado en el Laboratorio de Medicina legal, mi exa»men tuvo lugar un mes después.

---

(1) *Bergeret:* Infanticidio, momificación del cadáver, descubrimiento del recién nacido en una chimenea.

»El cuerpo estaba desecado y completamente amomiado, »envuelto en un lienzo, en cuyos pliegues aglutinados se »veían gran cantidad de restos de insectos, también esparci»dos en menor número por encima del feto.

»Verificado el examen minucioso de la momia y de los res»tos de los insectos, que el profesor Jaumes había esmerada»mente recogido, he aquí lo que se pudo reconocer.

»En los pliegues de la tela:

1.° »Numerosas pupas de dípteros ó moscas, vacías: la »cual hace imposible determinar la especie; pero debieron »pertenecer probablemente á los géneros *Phora* y *Anthomya* »y quizás *Tachina* también.

2.° »Abundante cantidad de forros ó camisas tejidas por »orugas de un *Lepidóptero* ó mariposa, igualmente vacías, que »parecen pertenecer á las polillas de la grasa ó falsa polilla »de los cueros, (Reaumur, pág. 20, memoria 8,) hoy día de»nominada la *Aglossa pinguinalis, Linn.*

3.° »Muchos despojos de *Coleópteros* ó escarabajos perte»necientes al género *Anthrenus*, y probablemente á nuestra »especie *Ant. dubius.*

»Sobre el mismo cadáver:

1.° »Elitros y restos de un *Coleóptero* muerto, el *Ptinus* »*brunneus.*

2.° »Restos de *Mitis* ó *Acáridos* microscópicos, mezclados »con el polvo de los huesos y partes momificadas.

»Paso en silencio una ó dos pieles de araña, que no tienen »importancia, y un mosquito del género *Culex*, fresco y bien »conservado, que es probable se haya posado sobre el cadá»ver cuando estuvo en el depósito de la Escuela de Medicina·

»Veamos ahora de los datos recogidos las consecuencias »que se pueden deducir.

»Ningún insecto vivo ni crisálida se han encontrado, y de »esto se puede inferir que la muerte del feto, lejos de ser re»ciente, remonta á una época más ó ménos lejana. Los últi»mos insectos que le asaltaron fueron positivamente los *An»threnus*, cuyas larvas, bien conocidas de los entomólogos, de»voran á los insectos desecados. Si estas larvas hubiesen vi»vido en el verano de 1883, al presente encontraríamos,

»no las pieles vacías de sus mudas, sino la ninfa dispuesta á »transformarse en la primavera. Es, pues, en el verano de »1882 cuando tales insectos pudieron vivir, si no antes.

»Reaumur y más recientemente W. Bucler (Entemoló»git's Monthly mag, Febrero 1884) nos dan noticias exactas »sobre el desarrollo de la falsa polilla de los cueros, y esta »mariposilla, cuya oruga come los cueros ó la carne momifi»cada y apergaminada, nace en Julio, y en Agosto verifica la »postura de sus huevos: las oruguillas que salen, pasan el in»vierno y se crisalidan en la primavera inmediata. El curso, »pues, de este ciclo, en su evolución, nos lleva al año 1881. »Como este Lepidóptero sólo pone sobre la carne amomiada, »ha sido preciso que el cadáver haya tenido tiempo para ad»quirir el estado apergaminado, y de ésto se puede deducir »que la muerte debió ocurrir en 1880, ó quizás ántes, como »lo confirma la presencia de los *Ptinus* muertos, que son los »comedores de las carnes amomiadas, no atacando los cadá»veres hasta que están bien desecados.

»Vemos, pues, por las anteriores deducciones entomológi»cas, que la muerte del feto ó recién nacido, por lo menos re»monta á cuatro años de fecha, y además que la estación en »que ocurrió no fué en invierno, porque en este tiempo no »vuelan las moscas, siendo de seguro en el verano.

»También puede afirmarse que cuando fresco el cadáver »se le dejó depositado en un tejado ó azotea ó cosa parecida, »á la intemperie, porque los géneros de Dípteros cuyas pupas »se han encontrado (*Phora, Anthomya, Tachina*), no viven »dentro de las casas; y de ésto se deduce que antes de deposi«tar el muerto en el escondite en que se ha encontrado, estu»vo al acceso de los sarcófagos mencionados.

»De todo lo referido, pues, deduzco las siguientes conclu»siones:

1.ª »Que hace cuatro años ó algo más que ocurrió la muerte »del niño ó feto.

2.ª »Que tuvo lugar en el verano.

3.ª »Que antes de esconder el cadáver en el sitio donde »los albañiles le encontraron, frescas aún las carnes, estuvo »expuesto á la intemperie.»

Mucho más pudiera añadirse para demostrar la certeza con que guían los conocimientos entomológicos en las investigaciones de que se trata; y los discípulos que me han acompañado en las excursiones científicas y de enseñanza práctica-zoológica recordarán bien con qué seguridad les indicaba el sitio, descubrimiento y captura de las especies que íbamos á recolectar, atendiendo para esto á las costumbres de cada insecto, época del año en que nos encontrábamos, y materias de que se alimentan en los distintos períodos de su vida, con otros conocimientos accesorios á la Entomología; pero me parece suficiente lo que llevo escrito para llamar la atención de nuestros Tribunales de Justicia hacia un recurso científico seguro, que, en una de las cuestiones más difíciles criminales, les podrá ilustrar cumplidamente.

Mariano de la Paz Graells.

CIENCIAS FÍSICAS.

NIVELACIÓN BAROMÉTRICA.

ADVERTENCIA PREVIA.

Entre las 60 ó 65 Estaciones Meteorológicas (no más que 27 de carácter oficial, ó sostenidas inmediatamente y no con demasiada esplendidez por el Estado), que componen la muy defectuosa red de su nombre, extendida por España, y, si no propiamente en dependencia, por lo menos en frecuente y fructuosa correspondencia científica con el Observatorio de Madrid, no son las menos dignas de encomio, por el entusiasmo y celo de los observadores que las tienen á su cargo, y que sin esperanza alguna de premio desempeñan su penoso servicio, las fundadas por los PP. Escolapios en diversas provincias ó regiones: en Archidona y Yecla; en Olot, Igualada y Mataró; en Toro; y en Barbastro, Sos, Jaca, Zaragoza, Tafalla y Molina de Aragón. Y, aunque su modestia se ofenda y con energía aragonesa nos califique de indiscretos, por el empeño que puso en la fundación de estas últimas Estaciones, y por los afanes y desvelos que la buena y puntual organización de su servicio le ha costado, merecedor consideramos de especial mención, tratándose de este asunto, al humilde y sabio profesor de las EE. de Zaragoza, P. Don Blas Ainsa, autor de muy estimable memoria sobre el clima de la ciudad heróica, donde habitualmente reside.

No contento este señor, eficazmente secundado por sus ilustrados superiores y compañeros, con haber planteado, en

términos satisfactorios, el servicio meteorológico en diversas localidades, cediendo á mera indicación nuestra, y con el doble objeto de precisar las altitudes de algunas Estaciones y de poner en claro el grado de confianza que las indicaciones de los barómetros en ellas establecidos merecían, emprendió en el verano de 1884 un trabajo de nivelación barométrica, por observaciones simultáneas en todas, y á horas convenientes de la noche, ó en días y momentos de relativa calma atmosférica en el año, ó de bonanza indispensable para asegurar en lo posible el éxito de operación tan delicada y fatigosa. Y de los resultados obtenidos en esta silenciosa y pacífica campaña, á la cual concurrió también animoso el joven D. Joaquin Carpi y Ruata, residente en Tamarite (1), dan cuenta los cuadros numéricos, notas y advertencias, insertos en los siguientes inmediatas páginas. Pero como preliminar y ampliación sucinta de su contenido, y muestra del ingenuo carácter del P. Ainsa, á quien aquellos resultados son principalmente debidos, así como, en absoluto, la preparación y dirección de las operaciones de donde proceden, conveniente nos parece transcribir ante todo algunos párrafos de la carta

---

(1) El Sr. Carpi es una de las pocas personas ilustradas que voluntariamente, ó sin estímulo extraño al placer que el cultivo de la ciencia proporciona, ni la más remota esperanza de premio, contribuyen con sus trabajos al estudio de la complicada ó variadísima climatología española. Con su misma extraña abnegación, ni recompensada, ni conocida del público siquiera, colaboran para tan loable y provechoso fin, D. Diego de Mesa, en las Palmas (Canarias); D. Cecilio de Lora, ó persona por él amaestrada y dirigida, en Valdesevilla (cerca de Badajoz); D Moisés Rodríguez, en Alcalá la Real; D. Antonio Cano y D. Daniel Carmona, en Cazorla; D. Alfonso Zamora, en Cartagena; el P. Colín, jesuita francés, en Uclés; D. José Sepúlveda, en Brihuega; D. Miguel Ubeda, en Santa Eulalia (Teruel); D. F. Trelles, por iniciativa de D. Eduardo Chao, en Vigo; y algún otro, que, ó nos es desconocido, ó no recuerda rebelde en este momento la memoria. Esto, prescindiendo de los PP. Jesuítas españoles de La Guardia (Pontevedra), Orduña, Oña y Manresa; PP. Agustinos de La Vid (Aranda de Duero); y profesores de nuestros Institutos de 2.ª enseñanza: Sr. Velo, de Pontevedra; Amigó, de Lugo; Ribera, de Gerona; Oriol, de Lérida; Moya, de Pamplona

que, con fecha 23 de Julio de 1884, nos dirigió, hablándonos con su natural franqueza de este asunto. Decía así:

«A la par que esta carta entrego al correo los antecedentes y conclusiones de nuestra nivelación barométrica. Nada al verificarla hemos tenido que agradecer á la atmósfera: la cual, por el contrario, lejos de tomar en cuenta el entusiasmo de los observadores, y de permanecer en favorable calma, como esperábamos, les ha disputado tenazmente el triunfo en toda la línea. Más de una vez, ultimadas las observaciones y los cálculos, me he puesto á pensar en los resultados obtenidos. Así no lo hubiera hecho, y me habría ahorrado estériles inquietudes y repetidos quebraderos de cabeza. Al fin, después de mucho borrajear, tiré con desaliento la pluma, al advertir que la atmósfera se reía de mí, como se ríe, cuando bien le parece, de la fórmula barométrica.

»Creí que la Estación de Jaca podría facilitarnos un principio de comprobación de los resultados obtenidos, y me encontré burlado en mi esperanza. Más eficaz hubiera sido para ello el cotejo de los resultados, obtenidos en Tafalla por medio del barómetro, con otros, dignos de confianza, por

---

Suso, de Logroño; Acevedo, de León; Becerro Bengoa, de Palencia; Ortiz, de Cáceres; y Llorca, de Castellón de la Plana: todos los cuales, por impulso propio, ó estimulados por las Diputaciones Provinciales respectivas, procuran completar el cuadro harto reducido de Estaciones Meteorológicas, dependientes de la Dirección general de Instrucción Pública, y establecidas en San Sebastián, Bilbao, La Coruña, Oviedo, Santiago, Sevilla, Málaga, Murcia, Alicante, Valencia, Palma de Mallorca, Barcelona, Huesca, Zaragoza, Soria, Burgos, Valladolid, Salamanca, Avila, Segovia, Teruel, Ciudad Real, Albacete, Badajoz, Jaén, Granada y Laguna de Tenerife. Agregando á las Estaciones mencionadas las sostenidas por el Instituto Geográfico en los Mareógrafos de Santander, Cádiz y Alicante, y las de los Observatorios de San Fernando y de Madrid, se tiene el total, muy poco cuantioso, si no de todas la existentes en España, que esto es algo difícil saberlo, de las que con el último Observatorio se hallan en amistosa y habitual correspondencia.—En el vecino reino de Portugal el servicio meteorológico nos parece, relativamente á su extensión é importancia, más completo y homogéneo.

distinto procedimiento; pero no he podido efectuarle, porque la nivelación hecha por el Instituto Geográfico, entre Zaragoza y Pamplona tengo entendido, no me es conocida á estas fechas. Acaso del estudio comparativo que le indico resultaría que los desniveles por nosotros encontrados son un poco pequeños. En fin, tiendo el paño sobre su mesa, le pongo las tijeras en la mano, y le autorizo para que le corte por donde mejor ó peor le parezca.

»No he incluído entre los demás los resultados referentes á Molina, porque el barómetro de esta Estación llegó con el destinado á Barbastro, que, como ya le escribí á V., adolecía de error no despreciable. Apesar de esto, he calculado á última hora la altitud de Molina, con los promedios de las observaciones del año de 1882, y he hallado, por su combinación con los de Zaragoza, 1054 metros, y 1064 con los de Madrid. Al instalar aquella Estación, como á la desesperada, y por resultado, no más, que de media docena de observaciones ordinarias, hallé 1056 metros para valor de su altitud. ¿Será posible, después de tanto afanarse y trabajar, que no hayamos dado una azadonada con más acierto que la primera?»

Lo posible, y casi seguro, disponiendo en España de una docena de personas de las condiciones de inteligencia y actividad del P. Ainsa, convenientemente distribuídas, y atendidas en sus generosos esfuerzos por quien tiene obligación, é interés mayor y más inmediato, en prestarles eficaz auxilio, sería organizar el servicio meteorológico en nuestro país, dándole la amplitud y firmeza que necesita, y que, para no desempeñar desairadísimo papel en el concierto de las naciones cultas, es de apremiante necesidad comunicarle.

M. M.

I.

PRELIMINARES.

ALTITUD DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LAS ESCUELAS PÍAS DE ZARAGOZA.

	Metros.
Altitud de la plancha (NP—222) * fijada por personal del Instituto Geográfico, en la jamba de una de las puertas del templo de Nuestra Señora del Pilar (1).	200,1
Nuestro barómetro de observación sobre dicha plancha (2)	7,8
Altitud del barómetro.....	207,9

(1) Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico.—Tomo II.

(2) Es el resultado obtenido en dos distintas ocasiones por el procedimiento siguiente.

Nivelado con detenimiento, sobre la plataforma de nuestra Estación, un Egault, cuyo anteojo y nivel habían sido rectificados de antemano, se dirigió una visual á la fachada del templo en busca de un objeto pequeño y bien definido. Encontrado éste, después de algunos tanteos, en dirección del eje del anteojo, restaba, para obtener el desnivel, determinar su altura sobre la acera del templo; y medir la de la plancha sobre la acera, y la que el eje del anteojo tenía sobre la punta de marfil del barómetro. La primera se obtuvo midiendo una base y el ángulo cenital del objeto, en cuya última operación se tuvo cuidado de invertir el taquímetro: la segunda y última directamente. Y el resultado final de las tres operaciones fué el más arriba expuesto, de 7,8 metros. Ni la refracción terrestre, ni la corrección de la línea de nivel, por efecto de la redondez de la Tierra, tienen importancia en nuestro caso.

N. B.—1.º Se han tomado las precauciones necesarias para que las observaciones se hicieran simultáneamente.

2.º Las condiciones de los barómetros empleados en las observaciones son:

Zaragoza.—Fortín de 14 milímetros de diámetro.

Barbastro.—Berthélemy comparado con el de Zaragoza, por intermedio de un Fortín de 7 milímetros de diámetro.

Jaca.—Berthélemy remitido por el Observatorio de Madrid. Comparado con un Fortín de 7 milímetros que posee el Colegio, resulta para el Berthélemy una diferencia por exceso de 0,4 milímetros. Hay que atribuir este error al Fortín, puesto que, en el momento de montarlo según referencias fidedignas, su tubo barométrico tenía burbujas de aire, que, apesar de ser de alguna consideración, nada se hizo para extraerlas.

Tafalla.—Fortín de 7 milímetros de diámetro, comparado con el de Zaragoza.

Sos.—Fortín de 7 milímetros de diámetro, sin comparar.

Tamarite de Litera.—Las ignoro. El observador Don Joaquin Carpi tiene confianza en sus indicaciones.

---

* N. P.: *nivelación de precisión.*

OBSERVACIONES FUNDAMENTALES EFECTUADAS EN ZARAGOZA.—ESCUELAS PÍAS.

MES.....	DIAS.....	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO		ESTADO DEL CIELO.
		9 n.	10 n.	11 n.	12 n.	9 n.	10 n.	11 n.	12 n.	Presión.	Temperatura	Dirección.	Fuerza.	
										mm.				
Julio de 1884.	1	746.03	746.39	746.55	746.33	24°5	23°7	23°1	22°4	746.32	23°4	ESE	0	Amenazador. Relampaguea por el NE y ESE.
	2	745.53	746.03	745.48	744.88	25.8	23.6	21.6	22.4	345.48	23.3	SO	0—2	Tempestuoso.
	3	745.27	744.40	743.81	743.74	20.7	20.0	19.4	19.4	744.31	19.9	SE	0—2	Está lloviendo. La tarde tempestuosa.
	4	741.69	742.01	742.03	742.14	24.6	23.6	22.7	21.9	741.97	23.2	SE	1	Despejado.
	5	745.01	745.64	745.85	745.93	21.5	20.3	19.8	19.2	745.61	20.2	O	1—2	Nubes. Son restos de la tempestad de la tarde.
	6	744.79	744.85	745.00	744.86	24.0	23.0	21.8	21.0	744.87	22.4	SE	1	Despejado.
	7	740.15	740.45	740.48	740.46	25.6	24.1	22.8	22.3	740.38	23.7	SE	1—2	Despejado. Tempestuoso á lo lejos por el N y NE.
	8	739.25	739.35	739.52	739.21	25.3	24.4	23.3	22.5	739.33	23.9	ESE	1	Nuboso. Relampaguea por el ENE y por el S.
	9	739.37	740.22	741.03	740.93	26.9	26.4	25.8	24.6	740.39	25.9	OSO	1	Cubierto.
	10	740 70	741.03	741.14	741.13	25.7	25.3	24.3	24.0	741.00	24.8	OSO	0—1	Despejado.
	11	741.26	741.47	741.50	741.87	27.0	25.5	24 2	23.0	741.52	24.9	ONO-SE	0	Desp.° Calma completa.
	12	741.53	741.78	742.33	742.71	27.9	26.8	25.9	24.7	742.09	26.3	SE	3	Relampaguea por el NO y NE. Despejado al fin.
	13	744.12	744.45	744.76	744.77	28.0	26 7	25.5	24.5	744.52	26.2	SE	0—1	Despejado.
	14	743.44	743.73	743.78	743.87	29.2	27.6	26.2	25.4	743.70	27.1	SE	0—3	Idem.
	15	740.50	740.62	740 34	740.18	29.8	28.6	26.8	25.8	740.41	27.7	SE	2—3	Idem.

III.

OBSERVACIONES EFECTUADAS EN BARBASTRO.—**ESCUELAS PÍAS.**

FECHAS.	DIAS.	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO		ESTADO DEL CIELO.	DESNIVEL.
		9 n	10 n	11 n	12 n	9 n	10 n	11 n	12 n	Presión.	Temperatura.	Dirección.	Fuerza.		
										mm.					*metros.*
Julio de 1884.	1	735 6	734 8	734.7	734.2	23°1	20°4	20°8	20°5	734.8	21°2	SO-NO	0-1	Tempestuoso al principio.....	+ 135.1
	2	733.4	733.0	732.9	732.7	22.0	21.2	20.2	20.0	733.0	20.8	NNO	0-1	Id. id.	147.0
	3	732.1	732.2	732.5	732.0	19.3	19.4	19.3	19.1	732.2	19.3	N-SE	0	Id. antes 9 noche: después cubier.	141.2
	4	732.1	732.2	732 2	731.7	22.9	22.0	19 8	19 2	732.0	21 0	N-SE	0	Despejado.....	117 9
	5	733 0	733.1	733.1	733.2	22.1	21.5	21.7	20.9	733.1	21.5	NE-SE	0	Casi cubierto.....	146.5
	6	733.6	733 7	733 6	733 4	22.3	21 5	20.1	18 6	733.6	20.6	NE-SE	0	Despejado.....	132.6
	7	729.6	729.6	730.2	729 4	23.1	22 9	21.7	20 6	729 7	22 1	NE-SE	0-1	Tempestuoso.....	127.1
	8	728.7	728.8	728.8	728 8	25.0	24.6	23.5	22.3	728.8	23.8	NE-SE	0-1	Tempestuoso al principio.....	125.1
	9	728.4	728.8	728.8	728.9	22.9	22.1	20.9	20.3	728.7	21.5	NE-SE	0	Cubierto.....	139.3
	10	729.1	729.1	729.3	729 1	22.0	21.3	20.6	19.9	729.1	21.0	N	0	Casi cubierto.....	141.1
	11	729 8	730.1	730 5	730.5	23 5	22.3	21.7	20.1	730.2	21.9	NE-SE	0	Despejado.....	134 1
	12	731.6	732.0	732.1	732.1	26.8	25.4	23.5	22.1	731.9	24.4	NE-SE	0	Tempestuoso por el N. Despejado	121 8
	13	733 0	733.3	733 3	733.5	26.4	25.5	24 2	23.1	733.3	24.8	SE	0	Despejado.....	133.8
	14	732.8	732.9	732.7	732.6	27 1	26.6	24.2	22.9	732.7	25.2	NO-SE	0	Id.	131.5
	15	729.9	730.0	729.9	729.8	27.3	26.6	25.8	2.93	729.9	25.9	SE	0	Id.	126.5

Las alturas barométricas medias, deducidas de las observaciones efectuadas en 1882, dan para desnivel 148 metros.
Las id. id. observaciones hechas á las mismas horas, en 1882,
dan para Zaragoza, con relación á Madrid, la corrección.. ..... — 7 »
Suponiendo que ese mismo error afecte á las de Barbastro-Zaragoza, resulta el desnivel..... 141 »
Altitud de Zaragoza..... 208 »
Id. de Barbastro..... 349 metros.

Promedio..... 133.4
Altitud de Zaragoza..... 207.9
Id. de Barbastro.... 341.3

OBSERVACIONES EFECTUADAS EN TAMARITE DE LITERA, por D. Joaquin Carpi.

MES.	DIAS.	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO.		ESTADO DEL CIELO.	DESNIVEL.
		9 n.	10 n.	11 n.	12 n.	9 n.	10 n.	11 n.	12 n	Presión.	Temperatura.	Dirección.	Fuerza.		
										mm.					*metros.*
Julio de 1884.	6	732.03	732.03	732.03	.....	23°0	22°5	21°9	....	732.03	22°5	ESE	0	Despejado.....	+ 151.7
	7	727.38	727.38	728.08	.....	24.0	23.7	23.5	....	727.61	23.7	SSE	0	Tempestuoso al fin.....	152.2
	8	726.26	726 32	726.92	.....	24.5	24.2	24.0	....	726.50	24.2	ESE	0—2	Tempestuoso.....	153.7
	9	726.52	726.52	726.68	726.68	23.7	23.1	22,9	22.2	726.60	23.2	SE-SO	0—1	Cubierto.....	164.6
	10	726.92	726.92	727.08	.....	24.2	23 6	22.4	. ..	726.97	23.4	NO	0	Nuboso.....	166 8
	11	727.92	728.12	728 12	.....	25 2	24.5	23.6	....	728.05	24.4	SSO	0	Despejado.....	159.8
	12	729.90	729 90	730 06	.....	26 3	25 9	25.8	....	729 95	26.0	ESE	1	Idem.....	143.2
	13	731.18	731.58	731.58	.....	26.0	25.8	25 2	....	731.45	25.7	S	0—1	Idem.....	155.4
	14	731.20	732.16	732.16	731.96	27.8	27.2	26.9	25.9	731.87	26.9	ESE	0	Idem.....	142 0
	15	728.10	728.16	728.16	.....	28.0	27.0	26.6	....	728.14	27.2	S	1	Idem.....	149.4
														Promedio....	153.9
														Altitud de Zaragoza..	207.9
														Id. de Tamarite.	361.8

V.

OBSERVACIONES EFECTUADAS EN TAFALLA.—**ESCUELAS PÍAS.**

MES.....	DIAS.....	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO.		ESTADO DEL CIELO.	DESNIVEL.
		9 n	10 n	11 n	12 n	9 n	10 n	11 n	12 n	Presión.	Temperatura.	Dirección.	Fuerza.		
										mm.					*metros.*
Julio de 1884.	1	727.1	727.2	727.3	727.4	23°6	23°6	22°8	20°0	727.2	22°5	NE-SE	0-1	.....	+ 226.1
	2	726.0	726.2	726.5	726.6	22.8	21.4	21.2	21.0	726.3	21.6	NO-NNE	0-2	.....	227.1
	3	725.3	725.4	725.2	725.2	19.0	17.8	17.0	16.2	725.3	17.5	SSE	0	.....	222.0
	4	722.5	722.8	723.0	723.2	19.6	18.6	17.8	17.2	722.9	18.3	SSE-SSO	0-4	Tarde tempestuosa.....	225.5
	5	726.6	726.5	726,5	726.4	16.0	16.0	15.6	15.4	726.5	15.7	N	1-4	Idem.....	222.2
	6	726.6	726.5	726.4	726.3	18.8	18.6	18.4	18.0	726.4	18.4	N	1-2	.....	217.2
	8	721.0	721.3	721.4	721.5	21.6	19.6	18.4	16.0	721.3	18.9	NE	0-1	.....	213.7
	10	722.1	722.3	722.4	722 5	22.4	20.8	19.0	18.0	722.3	20.1	N	0	Nuboso.....	222.5
	11	722.3	722.6	722.9	723.1	23.2	23.1	23.0	22.5	722.7	22.9	SSO-N	0	Despejado.....	224.7
	12	722.6	722.8	723.2	723.5	27.4	26.4	25.8	24.6	723.0	26.1	SSE	2-3	Idem.....	230.0
	13	725.3	725.7	726.1	726.5	27.4	24 8	23 4	20.6	725.9	24 0	SE-ONO	0	Idem.....	222.4
	14	725.3	725.5	725.6	725.5	25.0	24.4	23.3	22.4	725 5	23 8	NNE	0-2	Idem.....	218.0
	15	721.8	722.0	722.0	721.9	27.6	25.8	25.0	24 0	721.9	25.6	NE-SSE	0	Idem.....	222.7
														Promedio.....	222.7
														Altitud de Zaragoza..	207.9
														Id. de Tafalla...	430.6

OBSERVACIONES EFECTUADAS EN SOS.—**ESCUELAS PÍAS.**

MES.....	DIAS.....	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO		ESTADO DEL CIELO.	DESNIVEL.
		9 n	10 n	11 n	12 n	9 n	10 n	11 n	12 n	Presión.	Temperatura.	Dirección	Fuerza.		
										mm.					*metros.*
Julio de 1884.	1	710.4	710.5	710.4	710.4	23°2	23°1	22°4	21°8	710.4	22°6	S	0-2	Nuboso. Relampaguea por el E.	+ 430.0
	2	709.1	709.1	710.1	709.8	23.2	22.4	22.3	20.5	709.5	22.1	SO	0-2	Nuboso. Relampaguea por el S.	431.4
	3	708.5	708.1	708.2	707.5	20.4	19.6	18.8	18.0	708.1	19.2	SE	0	Celajes.	429.5
	4	705.9	706.0	706.0	705.9	23.7	23.6	23.0	22 2	705.5	23.1	NO	1	Despejado.	440.1
	5	709.5	709.6	709.8	710.0	16.6	15 8	16 0	15.8	709.7	16.0	NO	0	Cubierto.	422.9
	6	709.6	709.6	709.7	709.4	17.6	17.2	16.6	16.2	709.6	16.9	NO	0	Despejado.	418.4
	7	705.0	705.4	705.3	705.1	22.1	20.6	19.8	19.6	705.2	20.5	NO	0-1	Nuboso. Relampaguea por el NO.	423.6
	8	703.2	703 6	704.0	703.9	22.3	21.2	20.8	20.2	703.7	21.1	NO	0-2	Tarde tempestuósa. Relámpagos por SE y NE.	429.6
	9	703.7	704.0	704.7	704.7	22 9	22.0	19.6	18.2	704.3	20.7	SO	1	Lloviznoso.	436.5
	10	704.9	705.2	705.5	705.2	20.8	20.4	19 4	18.8	705 2	19.8	SE-NO	0	Nuboso.	430.9
	11	705.5	705.9	705.9	706 2	23.8	23 1	21.2	20.8	705.9	22.2	SSO	1	Despejado..	430.1
	12	706.1	706.3	706.6	706.4	25.0	24.8	24.2	23.8	706.3	24.4	SE	2-3	Nubes. Restos de tormenta	434.9
	13	708.3	708.7	709.1	709.6	26.4	25.6	24.8	21.8	708.9	24.7	SE	0-2	Despejado. Relámpagos por el N.	431.7
	14	708.7	708.9	708.9	708.7	25.2	24.4	23.2	25.2	708.8	24.5	SO-SE	0	Nuboso al principio. Relámpagos por NO.	423.7
	15	705.9	705.8	705.5	705.2	28.8	27.4	26.0	25.6	705.6	26.9	SE	1	Despejado.	426.6
														Promedio.....	429.3
														Altitud de Zaragoza..	207.9
														Id. de Sos.....	637.2

VII.

OBSERVACIONES EFECTUADAS EN JACA.—**ESCUELAS PÍAS.**

MES.....	DIAS.....	PRESIÓN EN mm., REDUCIDA Á CERO Y CORREGIDA.				TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.				PROMEDIOS DE LA		VIENTO.		ESTADO DEL CIELO.	DESNIVEL.
		9 n.	10 n.	11 n.	12 n.	9 n.	10 n.	11 n.	12 n.	Presión.	Temperatura.	Dirección.	Fuerza.		
										mm.					
Julio de 1884.	1	.....	696.2	696.1	695.8	....	27°2	19°3	18°7	696.0	19°6	E	1-4	Tempestuoso al principio.	+ 606.1
	2	694.3	694.6	694.6	694.3	20°4	20.6	19.4	18.3	694.4	19.7	NO	1-2	Nuboso.....	616.0
	3	693.2	693.5	693.7	693.3	17.1	16.4	16.1	15.6	693.4	16.3	ENE	2	Nuboso.....	606.9
	4	692.2	692.1	691.8	691.8	21.1	20.1	19.8	19.4	692.0	20.1	E	3	Nuboso.....	605.4
	5	694 5	694.6	694.6	694.7	16.8	17.0	16.9	15.8	694.6	16 6	NO-NE	2	Cub.° Temp.° por el SO y S	607.8
	6	694.9	694.9	694.9	694.8	19.9	18.8	17.7	17.2	694.9	18.4	NE	1-2	Despejado.....	600.4
	7	690.8	690 8	690.7	690 8	22.7	22.1	22.0	21.5	690.8	22.1	E	3	Cubierto.....	604.7
	8	690.1	690.2	690.0	689.9	22.4	20.0	18.8	18.8	690.1	20.0	E	3	Nuboso.....	598.4
	9	689.8	690.0	690.0	690.3	19.7	21 6	21.0	20 3	690.0	20.6	E-OSO	3	Cubierto.....	615.6
	10	690.9	690.7	690 8	690.8	18 1	18 1	16.7	16.2	690.8	17.3	NE	1	Nuboso.....	607 6
	12	691 5	691.9	692.0	.....	20 1	19.9	19.7	....	691.8	19.9	ENE-NO	2	Despejado.....	603 4
	12	692.8	692.9	693.2	.....	20.7	22.3	21.1	....	693.0	21.3	E	2-3	Despejado	597.3
	13	694.5	694.7	695.0	.....	24.0	23.7	23.5	....	694.7	23.7	E	0-1	Despejado.....	608.8
	14	694.6	694.7	694.7	694.8	25.4	24.6	24.3	24.2	694.7	24.6	E	2	Despejado.....	600.7
	15	691.7	691.8	691.5	691.0	25.6	25.0	24.7	23.8	691.5	24.8	E	1	Despejado.....	603.3

Las alturas barométricas medias correspondientes al 1882 dan para desnivel..... = 616 metros.
Altitud de *Zaragoza*..... = 208 »
Id. de Jaca..... 824 »

Promedio.... + 605.5
Altitud de Zaragoza.. 207.9
Id. de Jaca..... 813.4

Altitud de la (NP número 235) = 819.4 metros. El baróm etro sobre ella: 10.3 metros. Altitud = 629.7 metros.

REFLEXIONES SOBRE LAS RAYAS DEL ESPECTRO SOLAR.

El Capitán de Artillería, D. Manuel Herrera, remitió desde Manila á esta Academia, con fecha 29 de Agosto de 1884, un folleto muy sucinto, que contiene algunas observaciones curiosas sobre la composición del *espectro solar*, hechas por él é interpretadas con ingenio, aunque no apoyadas en consideración alguna teórica, susceptible de apreciación científica valedera. Dejando al autor la responsabilidad de sus opiniones científicas, sobre el importante tema á que se refieren, y aun suponiendo que sólo como aproximaciones eventuales á la verdad deban considerarse las consecuencias que de su trabajo de análisis deduce, la Academia creyó que, como muestra de aprecio por su laboriosidad y buen deseo, y para estímulo de otros investigadores de la verdad, en el campo todavía inexplorado de las ciencias físicas, debía darse á la estampa aquel humilde manuscrito.

Decía, pues, en él como sigue el Sr. Herrera:

«Hace tiempo tengo una idea que creo parecerá muy natural á todo el mundo, á saber: que los números de vibraciones, correspondientes á las diferentes rayas del espectro de un mismo cuerpo, deben guardar relaciones conmensurables y con frecuencia muy sencillas; ó, de otra manera, que estas rayas deben ser en cierto modo armónicas.

»Las singulares propiedades físicas y químicas del hidrógeno, y su gigantesca importancia cósmica, atrageron mi atención hacia él. Como longitudes de onda, correspondientes á sus cuatro rayas bien reconocidas, tomé, pues, las siguientes, dadas por Angstrom:

H α	0,00065618	*mm.*
H β	0,00048606	»
H γ	0,00043400	»
H δ	0.00041012	»

Y, comparando la segunda y tercera con la primera, hallé las relaciones $\frac{4}{3}$ y $\frac{3}{2}$ respectivamente, con un error inferior á 0,02. Estas notables relaciones bastaban para inducirme á sospechar que el error estuviese en los datos; mas ¡cuál fué mi asombro, cuando al día siguiente, prosiguiendo mi empeño, se me ocurrió comparar también con la primera la cuarta raya, aun cuando fuese poco importante, y hallé la fracción siguiente!:

$$1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1366 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2}}}}}}$$

»Es decir, que el resto de la cuarta división era tan sólo 6, y por consiguiente la cuarta reducida, $\frac{8}{5}$, sumamente aproximada á la generatriz, y su error menor que

$$\frac{1}{5 \times 6832} = \frac{1}{34160} < \frac{3}{100000}$$

»Me llaman mucho la atención las dos rayas del potasio, pero no tengo datos suficientes para decir nada concreto sobre ellas.

»Bien notoria es la luz que esto traería sobre la naturaleza íntima de los diferentes cuerpos simples, y condiciones de mayor afinidad, y la importancia del hecho, siquiera fuese tan sólo para rectificar la tabla de longitudes de onda, de los diferentes rayos del espectro.

»Si esto tiene alguna novedad, se debe á esta otra idea, que también abrigo hace tiempo, á saber: lo que constituye la parte esencial de la materia adopta, sin duda, en los gases una estructura vesicular.

»Y esa á esta otra: la acción mutua ó recíproca que uno sobre otro ejercen dos puntos materiales, cualquiera que sea la función que la represente, reducida á una serie ó polinomio con relación á las potencias positivas y negativas de la distancia, tendrá un término con la primera potencia negativa y su coeficiente también negativo y proporcional á la temperatura; otro término positivo, dependiente de la 2.ª potencia negativa; y en los siguientes predominará el signo negativo, constituyendo la llamada repulsión, que debe existir independientemente del calor. Tal vez no haya más que otro término negativo, dependiente de la 3.ª potencia negativa; pero mis tentativas, para poner este punto en claro, han sido infructuosas, si bien tengo poderosos motivos para temer que los datos, de que he hecho uso, sean insuficientes ó inexactos.

»Si los diferentes cuerpos simples se debiesen cada uno á una evolución del cosmos, producida por una nueva conmoción, la que produjo el hidrógeno sería tal vez la primera, ó formaría parte de la primera.

»Pero estas últimas ideas no pueden admitirse por ahora más que como una expansión de la imaginaciòn, tal vez bien encaminada.

»Puedo añadir que la línea D_2 y la accesoria que suele presentarse en el verde, correspondientes ambas al sodio, según las medidas de Angstrom, á saber:

D_2	58890
Na γ	51532

están en la relación $\frac{8}{7}$, con menos error de 0,0001.»

MANUEL HERRERA.

Manila 29 de Agosto de 1884.

VARIEDADES.

La lluvia meteórica del 27 de Noviembre de 1885.—Al cerrar la noche del 27 de Noviembre de 1885, en pleno crepúsculo todavía, y cuando apenas se vislumbraban las estrellas fijas más brillantes del cielo, comenzó á percibirse una verdadera y nutridísima aparente lluvia de *estrellas fugaces*, ó de efímeros meteoros luminosos, radiantes casi todos por entonces de la región NE. del firmamento, y que, describiendo arcos de círculo de mucha amplitud, se difundían por todo el espacio. Entrada ya la noche, despejada y apacible al principio, el espectáculo adquirió notables caracteres de grandiosidad y de belleza, contándose por decenas y por cientos los puntos luminosos, muchos de considerable magnitud aparente y de admirable resplandor, que al propio tiempo casi surcaban la bóveda celeste, como si emanasen todos, conforme desde luego se advirtió, de la misma limitada región del firmamento, situada en la constelación de *Andrómeda*, entre las estrellas β y γ del mismo nombre, algo más cerca de la segunda que de la primera.

Aunque sorprendente y maravilloso como pocos, este fenómeno estaba hasta cierto punto previsto desde muchos años atrás y era esperado con curiosidad y sumo interés por los astrónomos. Por el correo del día 25 llegó, en efecto, al Observatorio de Madrid una circular impresa, fechada el 21 en Dun Echt (Aberdeen), y suscrita por el astrónomo Ralph Copeland, del Observatorio allí fundado por Lord Crawford, que, traducida al castellano, decía como sigue:

«En atención á la gran incertidumbre que existe, referente á la suerte ó paradero del cometa de Biela, conviene recordar que *hacia la media noche* del 27 de Noviembre próximo, la Tierra se hallará en la órbita ó derrotero de los meteoros que en la del año 1872 se observaron, como si irradiasen de un foco común, ó de un lugar aparente del cielo, inmediato al de la estrella γ de *Andrómeda*.

»Como la revolución periódica del cometa, y probablemente de los meteoros aludidos, se verifica en $6^3/_5$ años, dos de estos períodos han ya casi trascurrido justamente desde la lluvia meteórica de 1872. Si, pues, los meteoros, ó los corpúsculos de materia cósmica de

donde proceden, se hallan profusamente distribuidos ó diseminados á lo largo de la órbita cometaria, de esperar es que en número considerable vuelvan á manifestarse en el año corriente.

»Y en 1892, y mejor aún en 1905, también es probable que se reproduzca la lluvia meteórica observada en 1872.»

Las conjeturas racionales, cuya certidumbre plenamente ha corroborado la experiencia, en tan prudentes términos emitidas por Copeland, y antes que por él, aunque siempre en términos análogos, algún tanto dubitativos, por otros varios astrónomos, se fundan en los hechos singularísimos de la rotura, ó división en dos partes, del cometa de Biela, durante su aparición en el año 1846; de la separación considerable de ambas, alargamiento y difusión, y como tendencia á experimentar en breve tiempo mayores trasformaciones una y otra, advertidas cuando de nuevo volvieron á pasar cerca de la Tierra en 1852; de la ocultación ó desvanecimiento total aparente del cometa, á contar desde la última fecha; y de la producción inesperada de la lluvia de corpúsculos meteóricos en 1872, cuando en vano, semanas antes, donde se presentó el foco meteórico se había indagado la existencia ó presencia del astro misterioso; y de otras trasformaciones ó conversiones análogas de cometas periódicos en zonas, anillos ó regueros de menudísimos corpúsculos, productores por su contacto violento con la atmósfera terrestre, y candencia consiguiente, de aparentes lluvias de fuego, observables, como la del 27 de Noviembre, en épocas determinadas, y predecibles con suma probabilidad, aunque no, en los detalles, con plena seguridad de acierto.

En cuanto la claridad del crepúsculo se apagó sensiblemente, en la última fecha, tomaron á su cargo, desde los alrededores del Observatorio de Madrid, la penosa tarea del recuento, no más necesariamente que aproximado á la verdad, de la muchedumbre de meteoros luminosos que, simulando silenciosos y efímeros chispazos de fuego de artificio, brotaban en el espacio, tres observadores de confianza: el Sr. Cobo, artífice mecánico del mismo Establecimiento; un hermano y oficial suyo; y un ordenanza: los tres convenientemente situados á campo raso, de manera que abarcasen sin confusión la bóveda casi completa del cielo: del N. al S. E., uno; del S. E. al S. O., otro; y otro del S. O. al N. A los tres se les proveía simultáneamente, y sin distraerlos ni hablar palabra, de hojas de papel, que también á la vez se les recogían, y en las cuales trazaban con lápiz tantas rayas cuantas eran las estrellas fugaces que pasaban ante su vista: unas, por cima y al S. y S. O. del zénit, describiendo por regla general enormes trayectorias; y otras, por el N. E., en la región del radiante, que se apagaban presurosas, á guisa de violentos fogonazos. Desgraciadamente el cansancio producido por tan

penoso ejercicio de atención, y el frío penetrante de la noche, al aire libre y sin defensa ó abrigo posible, pronto rindieron la buena voluntad de los observadores; y. para que cobrasen aliento y cambiasen de postura, menester fué concederles frecuentes ratos de reposo. Por eso el resultado del trabajo que animosos emprendieron, creyéndole por de pronto mucho menos fatigoso y aburrido de lo que era en realidad, no fué tan satisfactorio, ó completo, como hubiera sido, de haber dispuesto de personal más numeroso, para componer otro turno, que sistemática y periódicamente alternase con el por aquellos tres constituído. Pero, no obstante, sometidas en los días sucesivos á prolijo examen sus anotaciones, trazadas á oscuras y sin separar los ojos de la bóveda celeste, y, por lo tanto, confusas muchas y unas con otras cruzadas y revueltas, en las hojas mencionadas, el astrónomo Sr. Ventosa consiguió deducir las consecuencias, no desprovistas de interés, que el adjunto estadito numérico compendia.

Estrellas fugaces, observadas ó contadas en la noche del 27 de Noviembre de 1885.

HORAS.	EN LAS REGIONES DEL			NUMEROS totales.	NUMERO en 10 minutos.
	N.-SE.	SE.-SO.	SO.-N.		
5^h38^m á 5^h50^m	554	550	322	1.426	1.188
5 50 6 12	1.252	2.392	1.437	5.081	2.310
6 12 6 28	786	1.346	765	2.897	1.811
6 28 6 37	897	914	531	2.342	2.602
6 37 6 45	1.504	967	783	3.254	4.067
6 45 6 52	462	901	596	1.959	2.799
6 52 7 0	633	1.141	739	2.513	3.141
8 5 8 15	202	416	610	1.228	1.228
8 30 8 40	168	248	354	770	770
8 55 9 5	117	183	223	523	523
9 45 9 55	41	48	89	178	178
10 10 10 20	38	60	44	142	142
10 35 10 45	19	38	45	102	102
11 0 11 10	7	11	20	38	38
11 30 11 40	13	13	12	38	38

La última columna de este cuadro, por procedimiento fácil de entender á primera vista deducida de las anteriores, indica el orden de manifestación inicial, progresión ascendente, y decrecimiento del fenómeno; contrariado en un principio por la claridad crepuscular; y, desde las diez de la noche en adelante, por el resplandor no muy intenso de la Luna, y por las tenues nubecillas que, conforme aumentaba el destemple del aire, muy cargado de vapor acuoso, fueron poco á poco entoldando el cielo. A pesar de tales contrariedades, de las interrupciones por desgracia inevitables de la observación, y de que la lluvia meteórica, en vez de ser apacible y continua, simulaba aguacero tempestuoso, compuesto de diversos y muy desiguales chubascos aturbonados, separados por intervalos de relativa calma, no admite duda que el máximo de intensidad debió corresponder en Madrid á las $6^h\ 45^m$, muy poco más ó menos, según del examen del cuadrito anterior se desprende. Entre la muchedumbre de meteoros, realmente incalculable, que desde las 6 á las 10^h de la noche cruzaron por el firmamento, el número de los de primera magnitud aparente fué en verdad muy considerable, sin que, no obstante, se distinguiese notablemente entre ellos ninguno por lo extraordinario de su resplandor, ni tampoco por la duración ó persistencia de su rastro ó ráfaga luminosa y como fosforescente. Ni, en cambio, examinado el cielo con anteojos de limitada potencia óptica, aunque de gran claridad y anchuroso campo, se descubrieron tampoco, en cantidad notable, meteoros que á la simple vista no hubieran podido asimismo percibirse sin esfuerzo. Ni en un sentido ni en otro revistió el fenómeno caracteres extraordinarios, que merezcan especialmente consignarse.

El *radiante*, ó foco aparente de emisión, designábanle con suficiente claridad las trayectorias de muchos meteoros, idealmente prolongadas hasta sus puntos de encuentro, de dos en dos comprendidos dentro de región, ó área celeste, muy limitada. Entre 6 y 7 horas de la noche, el Sr. Ventosa logró trazar, con el esmero que en todos sus trabajos pone, 26 de estas trayectorias en la primera carta del Átlas celeste, años há publicado por el Real Observatorio de Turín: carta, para el objeto en mientes, muy ventajosa, porque con su centro de proyección coincidía la posición aproximada del radiante meteórico. Y, aunque por la simetría de aquellas trayectorias en torno del mencionado centro, muy fácil hubiera sido, por simple construcción gráfica sobre la misma carta, ó mejor sobre un globo celeste, determinar las coordenadas del radiante, con el deseo de prescindir de toda idea preconcebida, y también con el de ensayar un nuevo y algo extraño camino para llegar al mismo fin, prefirió el Sr. Ventosa al procedimiento gráfico el método propuesto por Airy para la determinación del movimiento del Sol en el es-

pacio, considerando en este caso los meteoros como verdaderas estrellas, y sus trayectorias aparentes como movimientos propios y reales de las mismas.

Representando, pues, por α y δ la ascensión recta y la declinación de una estrella fugaz, por referencia al punto medio de la parte visible de su trayectoria, y por r su distancia á la Tierra, las coordenadas rectangulares del astro, x, y y z, con relación á tres ejes convenientemente elegidos, serán éstas:

$$x = r \cos\alpha \cos\delta$$
$$y = r \operatorname{sen}\alpha \cos\delta$$
$$z = r \operatorname{sen}\delta$$

Y, si se admite que todos los meteoros se inflaman y arden en la atmósfera próximamente á la misma altura, ó que $r=1$, diferenciando estas ecuaciones, y poniendo por dx, dy y dz, los símbolos X, Y y Z, se deducen estas otras:

$$\cos\delta\, d\alpha = -X \operatorname{sen}\alpha + Y \cos\alpha$$
$$d\delta = -X \cos\alpha \operatorname{sen}\delta - Y \operatorname{sen}\alpha \operatorname{sen}\delta + Z \cos\delta$$

que expresan las condiciones comunes á que deben satisfacer todas las trayectorias, y, por lo tanto, las cantidades por determinar X, Y y Z, coordenadas ahora del radiante.

Si en estas dos ecuaciones se sustituyen por α y δ las coordenadas numéricas de los puntos medios de cada trayectoria trazada en la carta celeste, y por $d\alpha$ y $d\delta$ las diferencias de coordenadas de sus puntos extremos, se formarán 52 ecuaciones de condición, reducibles á solas tres por el método de los mínimos cuadrados. Y deducidos de estas tres ecuaciones finales los valores, aproximados á la verdad, de X, Y y Z, en cuanto es posible obtenerlos en las excepcionales condiciones del problema á que se refieren, de estas otras tres ecuaciones fundamentales,

$$-X = R \cos\alpha_0 \cos\delta_0$$
$$-Y = R \operatorname{sen}\alpha \cos\delta_0$$
$$-Z = R \cos\delta_0,$$

se concluirán los valores, α_0 y δ_0, de la ascensión recta y declinación del radiante.

Procediendo de este modo, dedujo el Sr. Ventosa que

$$\alpha_0 = 25^\circ\ 36'\ \text{y}$$
$$\delta_0 = +40\ \ 30\ :$$

valores concordantes con los obtenidos, por muy distintos caminos, en otros países y por diversos astrónomos, al tratar de este mismo asunto, hasta donde su índole incierta y compleja lo permite.

En realidad, al primero de ellos sería menester aplicarle la corrección de $+\ 5'$ y la de $+\ 1'$ al segundo para compensar el error

actual de los datos, tomados de la carta celeste de Turín, construída por referencia al equinoccio de 1880: pero tan pequeñas correcciones en el caso presente son de importancia ilusoria.

Lo que sí hizo, como complemento de su trabajo, el señor Ventosa, fué calcular la suma, S_2, de los cuadrados de los movimientos propios observados, ó de las amplitudes de las trayectorias, y la s_2, de los cuadrados de los residuos, encontrados introduciendo en las ecuaciones de condición los valores de X, Y y Z, con este resultado: $\frac{S_2}{s_2} = \frac{11952860}{1884200} = \frac{100}{16}$, próximamente.

Relación que sirve para dar idea de la exactitud de los cálculos numéricos que tan prolija investigación exige, y como de medida de la convergencia de las trayectorias que han servido para efectuarlos.

M. M.

Tempestad notable en Algeciras.—En la mañana del 27 de Diciembre de 1885 reventó sobre Algeciras recia tormenta de relámpagos y truenos, preliminares de copioso aguacero, ya cerca de medio día.

El nublado se presentó á las 4 horas 10 minutos de la madrugada por el NE., y se alejó de aquel horizonte por el NO á las 11 horas de la mañana, impulsado por viento muy suave al principio y fresquito al final.

En la Estación telegráfica, según al Observatorio de Madrid comunicó D. Luis Albero, encargado ó Jefe de la misma, fué menester *aislarse* desde los primeros momentos, experimentándose en las manos fuertes conmociones al verificar el desempalme de los hilos. De las puntas de éstos empezaron enseguida á desprenderse recias descargas eléctricas que, *sin saber cómo*, invadieron la Estación, los aparatos Morse, y los conmutadores, siendo tan frecuentes y violentos los chispazos que, por muy racional medida de precaución, el oficial de guardia tuvo que separarse á muy poco de la mesa de servicio.

A las 6 horas de la mañana, acompañada de estrepitoso trueno, penetró en el local una exhalación de vivísima luz, verde y roja, que derribó al suelo, casi asfixiado, al mencionado oficial, y á un ordenanza, colocado á 11 metros de distancia de los aparatos telegráficos. Y por buen rato, á contar de este momento, en las puntas de los conmutadores suizos, que estaban pareados, se notaron como una especie de globos rojizos, anaranjados ó verdes, en vibración durante dos, cuatro y aún cinco segundos, que estallaban luego con espantoso ruido, impregnando el ambiente de emanaciones asfixiantes.

Poco á poco fueron disminuyendo de intensidad los relámpagos exteriores, y con ellos los chispazos casi continuos que saltaban dentro del local. Pero, cuando ya se creía pasada la tormenta, se desprendió de las nubes nueva y furiosa descarga, que puso candentes los hilos de la Estación, derritiendo el caucho y abrasando las capas de seda que los aislaba, y produciendo con esto un amago de incendio en el edificio, que fué preciso en el acto sofocar. De sus resultas quedaron destrozadas las bobinas de los translatores y del timbre Digney, y puesto también fuera de servicio un galvanómetro. Y hasta el régimen de las pilas experimentó tan extraña perturbación que, durante cuatro horas, no hubo modo de que volviesen á funcionar con regularidad.

Tempestad tan violenta no ha sido observada por el Sr. Albero durante el trascurso de muchos años.

31 MAR 1886

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

Determinación de la hora con un anteojo portátil de pasos, en coincidencia aproximada con el meridiano..... 429

CIENCIAS NATURALES.

Entomología Judicial..... 458

CIENCIAS FÍSICAS.

Nivelación Barométrica..... 472
Reflexiones sobre las rayas del Espectro Solar..... 483
Variedades..... 486

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.

15 SEP 1887

REVISTA

DE LOS

PROGRESOS DE LAS CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

TOMO 21.—N.º 9.º

MADRID.

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1886.

OBRAS

publicadas por la Real Academia de Ciencias, y que se hallan de venta en la Secretaría de la misma, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

	RÚSTICA.
	Ptas. Cént
MEMORIAS.—9 tomos completos, precio de cada uno.....	12,50
REVISTA DE LA ACADEMIA.—21 tomos, precio de cada uno...	6,00
ANUARIOS.—Cuatro tomos: 1883 al 1886, precio de cada uno.	2,50

Tomando de 5 á 10 ejemplares á la vez, de cualquiera de estas obras, se hará en los precios la rebaja del 15 por 100 y de 10 ejemplares en adelante la del 25 por 100.

LIBROS DEL SABER DE ASTRONOMIA

DEL REY

DON ALFONSO X DE CASTILLA,

COPILADOS, ANOTADOS Y COMENTADOS

POR DON MANUEL RICO Y SINOBAS,

individuo numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y Catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad Central.

Obra publicada de Real orden.—Se hallan de venta los 5 tomos encartonados, á 25 pesetas cada uno.

CIENCIAS EXACTAS.

SOBRE LA IMPOSIBILIDAD DE LA CUADRATURA DEL CÍRCULO.

En una nota, inserta al final del tomo I de la 5.ª edición de su *Tratado de Geometría*, se expresan los Sres. Rouché y Comberousse en los términos siguientes, á propósito del célebre problema de la cuadratura del círculo, que sirve de epígrafe á estas páginas:

«No hay problema que con mayor afán se haya intentado resolver que el de la cuadratura del círculo: resolverlo, bien entendido, construyendo un cuadrado, de área equivalente á la de un círculo cualquiera, con auxilio exclusivo de la regla y del compás, ó por medio de número limitado de líneas rectas y de circunferencias. Y aunque no existía hasta ahora, propiamente hablando, ninguna demostración rigurosa de la imposibilidad de conseguirlo, y únicamente estaba probado (por *Lambert*, en 1761) que la razón de la circunferencia al diámetro es inconmensurable, así como también la de su cuadrado (por *Legendre*, en la nota IV de su Geometría, y por *Hermite*, en el *Journal de Crelle*, del año 1873), por irresoluble se tenía el mencionado problema, en vista de los reiterados, infructuosos esfuerzos, empleados en resolverlo.

»En los problemas gráficos, de solución factible con la regla y el compás, cada punto de la figura que para ello es menester construir se determina, ó por las intersecciones de dos rectas, ó de una recta y un círculo, ó de dos círculos. Pues

si, conforme las construcciones avanzan, se expresan algebraicamente los resultados obtenidos, con auxilio de las fórmulas de la Geometría Analítica, adviértese que las ecuaciones que así se van desprendiendo son siempre ó lineales ó cuadráticas: de modo que la ecuación final que de todas ellas se deduzca, mediante número suficiente de elevaciones sucesivas al cuadrado, se convertirá en ecuación de grado par, con coeficientes racionales. Quedará, por lo tanto, demostrada la imposibilidad de la cuadratura del círculo, con sólo demostrar que el número π *no puede ser raíz de una ecuación de cualquier grado con coeficientes racionales.*

»M. Lindemann anunció (*Comptes rendus*, tomo XCV, y *Mathematische Annalen*, tomo XX, 1882) que había conseguido deducir la prueba de esta proposición, apoyándose en ciertas fórmulas halladas por M. Hermite, y por este sabio geómetra publicadas en 1874, en su *Memoria sobre la Función Exponencial.* Y, en efecto, su método de demostración es variante no más, pero muy ingeniosa, del empleado por Hermite para demostrar que el número e, base del sistema de logaritmos neperianos, goza de propiedad análoga á la enunciada del número π.

»Simplificando algunos detalles, vamos, pues, á exponer las fórmulas de Hermite y las lucubraciones posteriores de Lindemann, resumidas en un trabajo muy notable, y muy digno además de atención, por cuanto, en el concepto de la simplicidad ó claridad, no parece que deba considerarse todavía como absolutamente perfecto.»

Con el mismo fin que los Sres. Rouché y Comberousse, aunque desviándonos un poco del camino por ellos seguido, y sin haber podido hasta ahora proporcionarnos la Memoria original de Lindemann, hemos nosotros borrajeado las siguientes páginas, concernientes también á las fórmulas y teoremas preliminares, muy importantes, de Hermite, y á la demostración ulterior del eminente geómetra alemán; y las entregamos á la imprenta, por si de su lectura pueden reportar algún provecho los lectores españoles, dedicados al estudio de las Matemáticas.

FÓRMULAS DE HERMITE.

Teorema. I. Dada una ecuación de la forma

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots\ldots + a_n = 0, \qquad (\alpha)$$

en la cual n es un número entero y positivo, y cuyas raíces designaremos por $z_1, z_2, z_3 \ldots\ldots z_n$, si se toma otro número entero y positivo m, completamente arbitrario, siempre se podrá determinar un polinomio entero y del grado n, en z, que representaremos por

$$z^n + \theta_1(z_i) z^{n-1} + \theta_2(z_i) z^{n-2} + \ldots\ldots + \theta_n(z_i) \qquad (1)$$

ó abreviadamente por $\Phi(z, z_i)$, (siendo z_i una cualquiera de las raíces $z_1, z_2 \ldots z_n$, ó el número cero) tal que se verifique como *identidad* la siguiente relación:

$$\frac{z f(z)}{z - z_i} = \Phi(z, z_i) - \frac{d\Phi(z, z_i)}{dz} -$$

$$m\left[\frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_0, z_i)}{z - z_0} + \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_1, z_i)}{z - z_1} + \ldots + \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_n, z_i)}{z - z_n}\right] \qquad (2)$$

Debemos advertir que, según queda dicho, z_0 es cero; y que z_i puede ser cualquiera de la serie $z_i = 0, z_1, z_2, z_3 \ldots z_n$.

Demostración: Ya hemos dicho que z_i es una raíz cualquiera de la ecuación (α); y todo está reducido á ver si pueden determinarse los coeficientes $\theta_1(z_i), \theta_2(z_i) \ldots \theta_n(z_i)$, que son las verdaderas incógnitas, de modo que se verifique la identidad.

Para ello observemos que el primer miembro de la ecuación (2) es un polinomio en z del grado n cuyo primer término es z^n; pero el segundo miembro es también otro polinomio análogo en z, puesto que el primer término $\Phi(z, z_i)$ lo es, y todos los demás son polinomios en z del grado $n - 1$. Además el primer término de Φ es z^n: luego, al identificar ambos

miembros, tendremos n términos que identificar, fuera de los z^n que son iguales, y resultarán por tanto n ecuaciones de condición con las n incógnitas $\theta_1(z_i)$, $\theta_2(z_i)$ ... $\theta_n(z_i)$.

De aquí se deduce que el problema es perfectamente determinado, y que todos estos coeficientes serán funciones de z_i, de m, de las raíces z_1, z_2, z_3, ... z_n que entrarán explícitamente, y de los coeficientes a_1, a_2, a_3 ... a_n de la ecuación (α), toda vez que estas son las cantidades que entran en dichas ecuaciones.

Desarrollemos este cálculo un tanto pesado, pero sencillísimo.

La ecuación (2) se convertirá en la siguiente:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{z\,(z^n+a_1 z^{n-1}+a_2 z^{n-2}+\ldots a_n)}{z-z_i} = z^n+\theta_1(z_i)\,z^{n-1}+\theta_2(z_i)z^{n-2}+\ldots\\
&+\theta_n(z_i)-n z^{n-1}-(n-1)\,\theta_1(z_i)\,z^{n-2}-(n-2)\,\theta_2(z_i)\,z^{n-3}\ldots-\theta_{n-1}(z_i)\\
&-m\left[\frac{z^n-z_0{}^n+\theta_1(z_i)(z^{n-1}-z_0{}^{n-1})+\theta_2(z_i)(z^{n-2}-z_0{}^{n-2})+\ldots+\theta_{n-1}(z_i)(z-z_0)}{z-z_0}\right.\\
&+\frac{z^n-z_1{}^n+\theta_1(z_i)(z^{n-1}-z_1{}^{n-1})+\theta_2(z_i)(z^{n-2}-z_1{}^{n-2})+\ldots+\theta_{n-1}(z_i)(z-z_1)}{z-z_1}\\
&+\frac{z^n-z_2{}^n+\theta_1(z_i)(z^{n-1}-z_2{}^{n-1})+\theta_2(z_i)(z^{n-2}-z_2{}^{n-2})+\ldots+\theta_{n-1}(z_i)(z-z_2)}{z-z_2}\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\left.+\frac{z^n-z_n{}^n+\theta_1(z_i)(z^{n-1}-z_n{}^{n-1})+\theta_2(z_i)(z^{n-2}-z_n{}^{n-2})+\ldots+\theta_{n-1}(z_i)(z-z_n)}{z-z_n}\right]
\end{aligned}\right\}(2')$$

En el primer miembro todo se reduce á dividir

$$z^{n+1}+a_1 z^n+a_2 z^{n-1}+\ldots+a_n z \text{ por } z-z_i,$$

lo cual por el método ordinario da:

$$z\left[\begin{array}{l|l|l|l|l}
z^{n-1}+a_1 & z^{n-2}+a_2 & z^{n-3}+a_3 & z^{n-4}+\ldots+a_k & z^{n-k-1}\ldots+a_{n-1}\\
\quad +z_i & \quad +a_1 z_i & \quad +a_2 z_i & \quad +a_{k-1} z_i & \quad +a_{n-2} z_i\\
 & \quad +z_i{}^2 & \quad +a_1 z_i{}^2 & \quad +a_{k-2} z_i{}^2 & \quad +a_{n-3} z_i{}^2\\
 & & \quad +z_i{}^3 & \quad \vdots & \quad \vdots\\
 & & & \quad +z_i{}^k & \quad +z_i{}^{n-1}
\end{array}\right]:$$

el resto de la división $z_i^n + a_1 z_i^{n-1} + \ldots + a_n$ es evidentemente *nulo*, puesto que z_i es una de las raíces de (x) por hipótesis.

En el paréntesis del 2.° miembro todos los grupos tienen la misma forma, y sólo difieren unos de otros en que, en el primero entra z_0, en el segundo z_1, en el tercero z_2, y así sucesivamente: basta, pues, considerar el término general

$$\frac{z^n - z_p^n + \theta_1(z_i)(z^{n-1} - z_p^{n-1}) + \theta_2(z_i)(z^{n-2} - z_p^{n-2}) + \ldots \theta_{n-1}(z_i)(z - z_p),}{z - z_p}$$

que, por ser todos los términos de su numerador exactamente divisibles por el denominador $z - z_p$, se transforma en el que sigue:

$$\begin{array}{l|l|l}
z^{n-1} + z^{n-2} & \theta_1(z_i) + z^{n-3} & \theta_2(z_i) + \ldots + \theta_{n-1}(z_i) \\
+ z^{n-2} z_p + z^{n-3} z_p & + z^{n-4} z_p & \\
+ z^{n-3} z_p^2 + z^{n-4} z_p^2 & + z^{n-5} z_p^2 & \\
\vdots \quad\quad \vdots & \vdots \quad \vdots & \\
+ z_p^{n-1} + z_p^{n-2} & + z_p^{n-3} &
\end{array}$$

En resumen, la ecuación (2') puede escribirse de este modo, representando con el signo $\sum_{p=0}^{p=n}$ el conjunto de todos los términos análogos al anterior:

$$\begin{array}{l|l|l|l}
z^n + a_1 + z_i & z^{n-1} + a_2 + a_1 z_i + z_i^2 & z^{n-2} + \ldots + a_{n-1} + a_{n-2} z_i + a_{n-3} z_i^2 \\
& & \vdots \\
& & + z_i^{n-1}
\end{array} \Bigg| z = \qquad (2'')$$

$$\begin{array}{l|l|l|l}
z^n + \theta_1(z_i) & z^{n-1} + \theta_2(z_i) & z^{n-2} + \theta_3(z_i) & z^{n-3} + \ldots + \theta_n(z_i) \\
- n & - (n-1)\theta_1(z_i) & - (n-2)\theta_2(z_i) & - \theta_{n-1}(z_i)
\end{array}$$

$$- m \sum_{p=0}^{p=n} \left[\begin{array}{l|l|l}
z^{n-1} + z^{n-2} & \theta_1(z_i) + z^{n-3} & \theta_2(z_i) + \ldots + \theta_{n-1}(z_i) \\
+ z^{n-2} z_p + z^{n-3} z_p & + z^{n-4} z_p & \\
\vdots \quad\quad \vdots & \vdots & \\
+ z_p^{n-1} + z_p^{n-2} & + z_p^{n-3} &
\end{array} \right]$$

Igualando los coeficientes de las mismas potencias de ambos miembros, tendremos en general para los coeficientes de z^{n-k}:

En el primer miembro

$$a_k + a_{k-1} z_i + a_{k-2} z_i^2 + \ldots\ldots + a_1 z_i^{k-1} + z_i^k \qquad (I).$$

En el 2.° miembro el coeficiente de z^{n-k} se compondrá de dos partes: la *primera* $\theta_k (z_i) - (n - k + 1)\, \theta_{k-1} (z_i)$, (II); y la *segunda* será el producto de *m* por todos los coeficientes de z^{n-k} en $\sum_{p=0}^{p=n}$: veamos cuales serán estos.

Para cada término de Σ habrá que buscar el coeficiente de dicha potencia z^{n-k} en cada línea vertical; y hallaremos

en la primera... z_p^{k-1} ;
segunda... $z_p^{k-2}\, \theta_1 (z_i)$;
tercera.... $z_p^{k-3}\, \theta_2 (z_i)$;
. . . . . .
. . . . . .

$z_p\, \theta_{k-2} (z_i)$ en el polinomio del grado z^{n-k+1}; y $\theta_{k-1} (z_i)$ en el último polinomio que contiene la potencia z^{n-k} cuyos coeficientes se buscan.

Las demás líneas verticales contienen potencias inferiores á z^{n-k}.

De aquí se deduce que todo el grupo Σ dará como coeficiente de z^{n-k}

$$m \left[\sum_{p=0}^{p=n} z_p^{k-1} + \sum_{p=0}^{p=n} z_p^{k-2} \theta_1 (z_i) + \ldots + \sum_{p=0}^{p=n} z_p\, \theta_{k-2} (z_i) + \sum_{p=0}^{p=n} \theta_{k-1} (z_i) \right]$$

Sacando fuera de las Σ los factores comunes $\theta_1 (z_i)$, $\theta_2 (z_i)$...; recordando que por hipótesis $z_0 = 0$; y observando que $\sum_{p=0}^{p=n} z_p^{k-1}$ es la suma de las potencias $k - 1$ de las raíces, y lo mismo para los demás términos, tendremos, invirtiendo el orden de éstos:

$$m \left[S_0\, \theta_{k-1} (z_i) + S_1\, \theta_{k-2} (z_i) + \ldots S_{k-2}\, \theta_1 (z_i) + S_{k-1} \right] \qquad (III).$$

Hemos representado por S_0, S_1, S_2 ... S_{k-2}, S_{k-1} la suma de las potencias 0, 1, 2 ... k—1 de las raíces de (α), y hemos supuesto $S_0 = n+1$, porque efectivamente en $\sum_{p=0}^{p=n}$ hay $n+1$ términos iguales á $\theta_{k-1}(z_i)$.

En último resultado, igualando (I) á la suma de (II) y (III) resultará

$$z_i^k + a_1 z_i^{k-1} + \ldots + a_{k-1} z_i + a_k = \theta_k(z_i) - (n-k+1)\,\theta_{k-1}(z_i)$$

$$- m\,[S_0\,\theta_{k-1}(z_i) + S_1\,\theta_{k-2}(z_i) + \ldots + S_{k-2}\,\theta_1(z_i) + S_{k-1}] \quad (3).$$

Esta es la condición que resulta de igualar los coeficientes de z^{n-k} en los dos miembros de la ecuación (2) ó (2') ó (2''); pero como hay las potencias z^{n-1}, z^{n-2}, ... z, z^0 (prescindiendo de z^n), la indeterminada k deberá tomar los valores k=1, 2, 3, ... n: con lo cual tendremos n ecuaciones para determinar $\theta_1(z_i)$, $\theta_2(z_i)$, $\theta_3(z_i)$ ... $\theta_n(z_i)$.

Poniendo, pues, sucesivamente en (3) estos valores de k, obtendremos el siguiente grupo de ecuaciones de condición:

$$k=1 \ldots z_i + a_1 = \theta_1(z_i) - n - m\,[S_0]$$

$$k=2 \ldots z_i^2 + a_1 z_i + a_2 = \theta_2(z_i) - (n-1)\,\theta_1(z_i) - m\,[S_0\,\theta_1(z_i) + S_1]$$

$$k=3 \ldots z_i^3 + a_1 z_i^2 + a_2 z_i + a_3 = \theta_3(z_i) - (n-2)\,\theta_2(z_i) - m\,[S_0\,\theta_2(z_i) + S_1\,\theta_1(z_i) + S_2]$$

.....

$$k=n \ldots z_i^n + a_1 z_i^{n-1} + a_2 z_i^{n-2} + \ldots + a_{n-1} z_i + a_n = 0 = \theta_n(z_i) - \theta_{n-1}(z_i) -$$

$$m\,[S_0\,\theta_{n-1}(z_i) + S_1\,\theta_{n-2}(z_i) + \ldots + S_{n-2}\,\theta_1(z_i) + S_{n-1}].$$

De la *primera* ecuación se deducirá θ_1, en función de cantidades conocidas.

De la *segunda*, poniendo antes el valor de θ_1, se deducirá el de θ_2. Y así sucesivamente de todas las demás.

Con lo cual queda demostrada la posibilidad de la expresión (2), y quedan también determinados los valores de θ_1, θ_2 ... de la ecuación (1).

Más aun: del grupo anterior resulta que θ_1 es un polinomio de primer grado en z_i; que θ_2 es un polinomio de segundo grado en z_i; y, en general, que θ_k es un polinomio del grado k en z_i; y además que los coeficientes de este polinomio son funciones enteras de cantidades conocidas y de S_0, S_1, S_2..: es decir, que serán funciones enteras, *simétricas*, y de coeficientes enteros de las raíces de (α).

Tendremos, pues, en general:

$$\theta_k (z_i) = z_i^k + b_1 z_i^{k-1} + b_2 z_i^{k-2} + \ldots + b_k$$

siendo b_1, b_2, $b_3 \ldots b_k$ funciones enteras y de coeficientes enteros y simétricos de las raíces de (α).

Teorema II. Como

$$\Phi (z, z_i) = z^n + \theta_1 (z_i) z^{n-1} + \theta_2 (z_i) z^{n-2} + \ldots + \theta_n (z_i)$$

contiene dos cantidades, z, z_i, la primera que es arbitraria, y la segunda que es z_0 ó una de las raíces z_1, $z_2 \ldots z_n$ de (α), podremos formar la determinante

$$\begin{vmatrix} \Phi (z_0, z_0) & \Phi z_1, z_0) & \ldots & \Phi (z_n, z_0) \\ \Phi (z_0, z_1) & \Phi z_1, z_1) & \ldots & \Phi (z_n, z_1) \\ \Phi (z_0, z_2) & \Phi z_1, z_2) & \ldots & \Phi (z_n, z_2) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \Phi (z_0, z_n) & \Phi (z_1, z_n) & \ldots & \Phi (z_n, z_n) \end{vmatrix}$$

haciendo variar el *primer* subíndice en cada horizontal de 0 á *n;* y el segundo subíndice en cada vertical entre los mismos límites 0, *n:* recordando siempre que entrarán todas las raíces z_1, $z_2 \ldots z_n$, y que además $z_0 = 0$: de modo que la determinante tendrá en líneas y verticales n + 1 términos.

Ahora bien, el teorema consiste en demostrar que dicha determinante es igual á δ^2, representando por δ esta otra determinante de las potencias de las raíces:

$$\delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots & 1 \\ z_0 & z_1 & \ldots & z_n \\ z_0^2 & z_1^2 & \ldots & z_n^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ z_0^n & z_1^n & \ldots & z_n^n \end{vmatrix}.$$

Demostración. Si representamos, según lo demostrado antes, los valores de θ_1, θ_2, θ_3 ... θ_n, de este modo:

$$\theta_1(z_i) = z_i + b_1$$
$$\theta_2(z_i) = z_i^2 + c_1 z_i + c_2$$
$$\theta_3(z_i) = z_i^3 + d_1 z_i^2 + d_2 z_i + d_3$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\theta_n(z_i) = z_i^n + v_1 z^{n-1} + v_2 z_i^{n-2} + \ldots + v_n$$

tendremos:

$$\delta^2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots & 1 \\ z_0 & z_1 & \ldots & z_n \\ z_0^2 & z_1^2 & \ldots & z_n^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ z_0^n & z_1^n & \ldots & z_n^n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots & 1 \\ z_0 & z_1 & \ldots & z_n \\ z_0^2 & z_1^2 & \ldots & z_n^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ z_0^n & z_1^n & \ldots & z_u^n \end{vmatrix}$$

y podremos hacer las siguientes transformaciones en la segunda determinante.

1.° Agregar á la última línea las anteriores, multiplicadas por v_n la primera, por v_{n-1} la segunda, etc.; con lo cual tendremos que dicha última línea se convertirá en

$$z_0^n + v_1 z^{n-1} + \ldots + v_n;\ z_1^n + v_1 z_1^{n-1} + \ldots + v_n;\ \ldots;\ z_n^n + v_1 z_n^n + \ldots v_n$$

ó sea en $\theta_n(z_0), \theta_n(z_1), \theta_n(z_2), \ldots, \theta_n(z_n)$

2.° Transformar de igual modo la penúltima, agregándole las anteriores multiplicadas por los coeficientes de $\theta_{n-1}(z_i)$.

3.° Continuar del mismo modo hasta $z_0, z_1 \ldots z_n$, que se convertirá en $z_0 + b_1$, $z_1 + b_1$, $z_2 + b_1$, ... $z_n + b_1$ ó bien en $\theta_1(z_0)$, $\theta_1(z_1)$, $\theta_1(z_2)$, ... $\theta_1(z_n)$.

Y de este modo tendremos:

$$\delta^2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \ldots 1 \\ z_0 & z_1 \ldots z_n \\ z_0^2 & z_1^2 \ldots z_n^2 \\ \ldots\ldots\ldots \\ z_0^n & z_1^n \ldots z_n^n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots 1 \\ \theta_1(z_0) & \theta_1(z_1) \ldots & \theta_1(z_n) \\ \theta_2(z_0) & \theta_2(z_1) \ldots & \theta_2(z_n) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \theta_n(z_0) & \theta_n(z_1) \ldots & \theta_n(z_n) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} z_0^n & z_1^n & \ldots z_n^n \\ z_0^{n-1} & z_1^{n-1} & \ldots z_n^{n-1} \\ z_0^{n-2} & z_1^{n-2} & \ldots z_n^{n-2} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ 1 & 1 & \ldots 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots \\ \theta_1(z_0) & \theta_1(z_1) \ldots & \theta_1 z \\ \theta_2(z_0) & \theta_2(z_1) \ldots & \theta_2 z \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \theta_n(z_0) & \theta_n(z_1) \ldots & \theta_n z \end{vmatrix}$$

Multiplicando ambas determinantes por verticales, tendremos:

$$\delta^2 = \begin{vmatrix} z_0^n + \theta_1(z_0) z_0^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_0), & z_1^n + \theta_1(z_0) z_1^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_0), & \ldots & z_n^n + \theta_1(z_0) z_n^{n-1} + \ldots + \theta_n \\ z_0^n + \theta_1(z_1) z_0^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_1), & z_1^n + \theta_1(z_1) z_1^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_1), & \ldots & z_n^n + \theta_1(z_1) z_n^{n-1} + \ldots + \theta_n \\ z_0^n + \theta_1(z_2) z_0^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_2), & z_1^n + \theta_1(z_2) z_1^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_2), & \ldots & z_n^n + \theta_1(z_2) z_n^{n-1} + \ldots + \theta_n \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ z_0^n + \theta_1(z_n) z_0^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_n), & z_1^n + \theta_n(z_n) z_1^{n-1} + \ldots + \theta_n(z_n), & \ldots & z_n^n + \theta_1(z_n) z_n^{n-1} + \ldots + \theta_n \end{vmatrix}$$

Pero observemos que la primera horizontal se obtiene poniendo en $z^n + \theta_1(z_0) z^{n-1} + \ldots \theta_n(z_0) = \Phi(z_0, z)$, en vez de z, sucesivamente z_0, z_1, z_2 ... z_n: luego dicha línea será

$$\Phi(z_0, z_0), \quad \Phi(z_1, z_0) \ldots \quad \Phi(z_n, z_0);$$

y, como observaciones análogas pueden hacerse respecto á las demás líneas, tendremos finalmente:

$$\delta^2 = \begin{vmatrix} \Phi(z_0, z_0) & \Phi(z_1, z_0) & \ldots\ldots & \Phi(z_n, z_0) \\ \Phi(z_0, z_1) & \Phi(z_1, z_1) & \ldots\ldots & \Phi(z_n, z_1) \\ \Phi(z_0, z_2) & \Phi(z_1, z_2) & \ldots\ldots & \Phi(z_n, z_2) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & & \\ \Phi(z_0, z_n) & \Phi(z_1, z_n) & \ldots\ldots & \Phi(z_n, z_n) \end{vmatrix} \quad (3)$$

que es lo que nos proponíamos demostrar.

Corolario. Se observa desde luego que á pesar de que entra *m* en cada término de la determinante, desaparece de ella, y que su valor δ^2 no depende mas que de las raíces z_1, z_2, z_3 ... z_n de la ecuación (α).

De esta observación se deduce que para las funciones Φ, en que hagamos $m = 0$, subsistirá el teorema anterior.

Haciendo $m = 0$ en la relación (2), y representando por $\varphi(z, z_i)$ las funciones $\Phi(z, z_i)$ para este caso, tendremos:

1.° Que $\varphi(z, z_i)$ estará determinada por esta relación

$$\frac{z\, f(z)}{z - z_i} = \varphi(z, z_i) - \frac{d\,\varphi(z, z_i)}{dz}; \qquad (2''')$$

2.° Que el teorema precedente dará:

$$\delta^2 = \begin{vmatrix} \varphi(z_0, z_0) & \varphi(z_1, z_0) \ldots \varphi(z_n, z_0) \\ \varphi(z_0, z_1) & \varphi(z_1, z_1) \ldots \varphi(z_n, z_0) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \varphi(z_0, z_n) & \varphi(z_1, z_n) \ldots \varphi(z_n, z_n) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & .. 1 \\ z_0 & z_1 & .. z_n \\ \ldots\ldots\ldots \\ z_0^n & z_1^n & .. z_n^n \end{vmatrix}^2 \qquad (3')$$

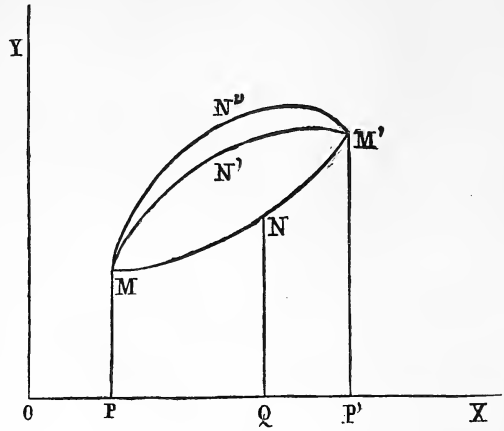
INTEGRALES DEFINIDAS DE VARIABLES IMAGINARIAS.

Antes de pasar adelante, y para la mejor inteligencia del lector, en quien sólo suponemos los conocimientos que generalmente se adquieren al estudiar el Cálculo infinitesimal en las Universidades y Escuelas especiales, haremos una pequeña digresión sobre el tema que acaba de indicarse.

Una integral definida $\int_a^b f(x)\, dx$, de la variable real x, tiene un sentido perfectamente determinado, porque la variable x sólo puede seguir una serie de valores al pasar de *a* á *b*; pero en la integral $\int_{a+b\sqrt{-1}}^{a'+b'\sqrt{-1}} f(z)\, dz$, siendo $z = x + y\sqrt{-1}$, no sucede lo mismo.

En efecto la variable compleja $x + y\sqrt{-1}$ se determina comunmente, no por un punto en una línea, como la variable real, sino por un punto en un plano.

Así: $a + b\sqrt{-1}$ designará el punto M (fig. 1.ª), si *a* representa la abscisa O P, y *b* la ordenada P M;



(*Fig.* 1.ª)

$a' + b'\sqrt{-1}$, análogamente, el punto M', si $a' = O\,P'$ y $b' = M'\,P'$; y

$x + y\sqrt{-1}$ el punto variable N del camino arbitrario para pasar de M á M', si $x = O\,Q$, é $y = N\,Q$.

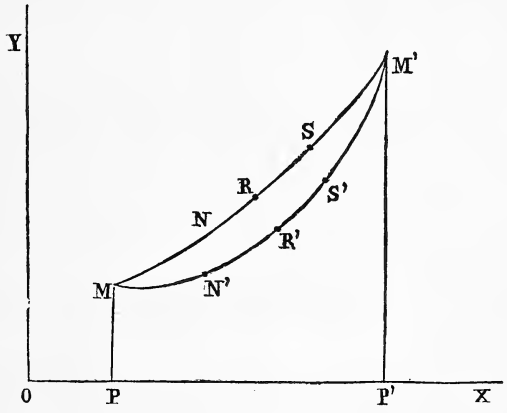
De aquí resulta que al variar $z = x + y\sqrt{-1}$ en la integral $\int_{a+b\sqrt{-1}}^{a'+b'\sqrt{-1}} f(z)\,dz$, entre el límite inferior y el superior, es decir, del punto M al M', puede seguir infinitos caminos: M N M', por ejemplo. Y ocurre esta pregunta: al pasar N de M á M' por caminos diversos, M N M', M N' M', M N'' M' etc., ¿la integral conservará el mismo valor, ó tendrá valores diferentes?

Sin estudiar á fondo este problema, y limitándonos á lo puramente preciso para nuestro objeto, podemos decir en forma abreviada que, suponiendo condiciones de continuidad en la curva variable M N M', de modo que f(z) admita, sin *ambigüedad*, un solo valor para cada valor de *z*, y que no

pase por infinito, la integral propuesta tiene un valor *único* y perfectamente definido.

Las condiciones de este trabajo, y el tratarse de un problema incidental, nos impiden desarrollos que de otro modo serían indispensables, y por lo tanto nos limitaremos á lo más sencillo y elemental.

Supongamos de M á M', puntos que representan los límites de la integral, dos caminos infinitamente próximos; M N M', y M N' M' (fig. 2.ª); y vamos á probar que para ambos la integral tiene el mismo valor.



(*Fig.* 2.ª)

Descompongamos á M N M' y M N' M' en el mismo número de partes iguales infinitamente pequeñas, y supongamos que R S y R' S' se corresponden.

En las dos integrales:

$$\int_{\text{curva N}} f(z)\,dz \quad \text{é} \quad \int_{\text{curva N'}} f(z)\,dz,$$

correspondientes á los dos contornos N, N', comparemos los elementos correspondientes, y tendremos f (z) d z para la primera, siendo z el valor de z para el punto R; y f (z') d z' para la segunda, siendo z' el valor de z' correspondiente á R'.

Como z' difiere de z en un infinitamente pequeño de primer orden, sin tener en cuenta la diferencia de valores de d z y d z', se ve que

$$f(z')\,dz' - f(z)\,dz = (f(z') - f(z))\,dz_1,$$

representando por dz_1 un valor medio entre d z y d z': expresión equivalente á esta otra:

$$\left(f(z) + \frac{d\,f(z)}{dz}\,dz - f(z)\right)dz_1 = \frac{d\,f(z)}{dz}\,dz\,dz_1,$$

que es un infinitamente pequeño de segundo orden.

De donde resulta que la diferencia de las integrales

$$\int_{\text{curva N}} \quad \text{é} \quad \int_{\text{curva N'}}$$

será un infinitamente pequeño de primer orden y en el límite rigorosamente nula.

Y como la curva M N M' puede pasar de una posición á otra por grados tan pequeños como se quiera, resulta que el valor de la integral $\int_{a+b\sqrt{-1}}^{a'+b'\sqrt{-1}} f(z)\,dz$ es único.

Pero no olvidemos las condiciones: porque si f (z) y f (z'), á pesar de corresponder á puntos infinitamente próximos, no difiriesen en $\frac{d\,f(z)}{dz}\,dz'$, sino en una *cantidad finita*, toda la demostración caería por su base, pues la diferencia de dos elementos correspondientes de las dos integrales ya no sería de segundo orden, ni su integral de *primero*, ni en último resultado nula.

Y esto puede suceder si f (z) tiene multiplicidad de valores y la curva da vueltas alrededor de un punto de raíces iguales.

En defecto cae también la demostración precedente si, al deformarse, la curva M N M' pasa por *puntos infinitos*, es decir en que $f(z) = \infty$.

Pero como estas excepciones no han de presentarse en nuestro caso, podemos establecer que la integral

$\int_{a+b\sqrt{-1}}^{a'+b'\sqrt{-1}} f(z)\,dz$ tiene un valor determinado, si f (z) es continua y no admite multiplicidad de valores para los que reciba $z = x + y\sqrt{-1}$.

CÁLCULO DE LA INTEGRAL.

$$\frac{1}{1.2.3...(m-1)} \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)}{z - z_i}\,dz.$$

Consideremos la integral

$$\frac{1}{1.2.3...(m-1)} \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)}{z - z_i}\,dz$$

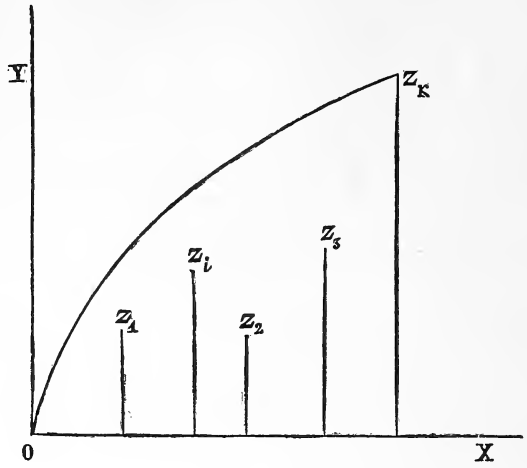
en la que z es una variable imaginaria de la forma $x+y\sqrt{-1}$; *m* un número entero y positivo cualquiera, desde 1 á ∞; f (z) el polinomio (α) cuyas raíces son z_1, z_2 ... z_n; f^m (z) la potencia *m* del polinomio f (z); y z_i, z_k dos raíces cualesquiera de la ecuación f (z) = 0, pudiendo muy bien ser la misma raíz.

Advertiremos además que, cuando m = 1, no es esta integral la que se considera, sino

$$\int_0^{z_k} \frac{e^{-z} f(z)}{z - z_i}\,dz:$$

es decir, la propuesta, sustituyendo 1 al coeficiente $\frac{1}{1.2.3...(m-1)}$, que en este caso sería infinito.

La integral propuesta se tomará sobre una curva cualquiera O N z_k (figura 3.ª), que vaya del origen á uno de los



(*Fig.* 3.ª)

puntos z_1, z_2, ... z_n que representan las raíces, por ejemplo de O á z_k: y esta integral, advertimos por de pronto, que tendrá un valor único, perfectamente determinado, sea cual fuere la curva de integración O N z_k.

En efecto, siendo f (z) un polinomio entero (α), á cada valor finito de z solo corresponde un valor para $\frac{e^{-z} z^m f^m(z)}{z - z_i}$; y además para valores finitos de z este coeficiente no es infinito, porque si bien entra en el denominador $z - z_i$, y parece que haciendo $z = z_i$ resulta infinito, ha de advertirse que $z - z_i$ entra m veces en f^m (z), es decir *una por lo menos:* de suerte que la expresión en último análisis es entera.

Dada la forma de la integral

$$\frac{1}{1.2...(m-1)} \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)}{z - z_i} \, dz$$

vemos que depende de tres cantidades: el número m, la raíz z_i que entra en el denominador, y la raíz z_k que es el límite

superior. Para abreviar representaremos dicha integral por el símbolo m_k^i: de suerte que

$$m_k^i = \frac{1}{1.2...(m-1)} \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)}{z - z_i} dz;$$

y conviene recordar siempre, que el subíndice k indica la raíz z_k como límite, y el índice i la raíz z_i que entra en el denominador.

Además, según lo convenido

$$(1)_k^i = \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z f(z)}{z - z_i}.$$

Pasemos ya al cálculo de m_k^i, sean cuales fueren m, i, k, dentro de lo convenido para estas cantidades.

Multiplicando los dos miembros de la (2) por $e^{-z} z^m f^m(z) dz$, y dividiendo por 1. 2. 3... m, resultará:

$$\frac{1}{1.2.3...m} \frac{e^{-z} z^{m+1} f^{m+1}(z) dz}{z - z_i} = \Phi(z, z_i) \frac{1}{1.2...m} e^{-z} z^m f^m(z) dz$$
$$- \frac{d\Phi(z, z_i)}{dz} dz. \frac{1}{1.2...m} e^{-z} z^m f^m(z) - \frac{1}{1.2.m-1} \left[\frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_0 z_i)}{z - z_0} \right.$$
$$\times e^{-z} z^m f^m(z) dz + \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_1, z_i)}{z - z_1} e^{-z} z^m f^m(z) dz + ... +$$
$$\left. \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_n, z_i)}{z - z_n} e^{-z} z^m f^m(z) dz \right]$$

Ordenando de otro modo la ecuación precedente, tendremos, recordando además que $z_0 = 0$:

$$\frac{1}{1.2...m} \frac{e^{-z} z^{m+1} f^{m+1}(z) dz}{z - z_i} = -\frac{1}{1.2.m} \times$$
$$\left[\frac{d\Phi(z, z_i)}{dz} dz. e^{-z} z^m f^m(z) - \Phi(z, z_i) e^{-z} z^m f^m(z) dz + \right.$$
$$\left. m \left(\frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{z} + \frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{z - z_1} + ... \frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{z - z_n} \right) \Phi(z, z_i) \right]$$
$$+ \Phi(z_0, z_i) \frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{1.2...(m-1)(z - z_0)} + \Phi(z_1, z_i) \frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{1.2...(m-1)(z - z_1)}$$
$$+ ..... + \Phi(z_n, z_i) \frac{e^{-z} z^m f^m(z) dz}{1.2...(m-1)(z - z_n)}$$

Pero el primer grupo del segundo miembro, prescindiendo de la constante $\frac{1}{1.\,2...\,m}$, es la diferencial de

$$e^{-z}\, z^m\, f^m\,(z)\ \Phi\,(z,\ z_i).$$

En efecto, el primer término es el que corresponde á la diferencial de $\Phi\ (z_1\ z_i)$; el segundo á la exponencial e^{-z}; y la última parte á $z^m\ f^m\ (z)$, que será

$$m\ [z\ f\,(z)]^{m-1}\ \frac{d.\ z\ f(z)}{d\ z}\ d\ z,$$

puesto que se sabe por teoría general de ecuaciones que la derivada de z f (z) es

$$\frac{z\ f\,(z)}{z}+\frac{z\ f\,(z)}{z-z_1}+\frac{z\ f\,(z)}{z-z_2}+\ ...+\frac{z\ f\,(z)}{z-z_n}$$

Tendremos, pues, efectuando dicha sustitución, é integrando entre o y z_k, siendo z_k una de las raíces de (α),

$$\frac{1}{1.\,2...\,m}\int_0^{z_k}\frac{e^{-z}z^{m+1}f^{m+1}(z)\ d\ z}{z-z_i}=$$

$$-\frac{1}{1.\,2...\,m}\int_0^{z_k} d[e^{-z}z^m f^m\,(z)\ \Phi\,(z,\ z_i)]+\Phi\,(z_0,\ z_i)\frac{1}{(1.\,2...\,m-1)}\times$$

$$\int_0^{z_k}\frac{e^{-z}z^m f^m(z)\,d\ z}{z-z_6}+\Phi\,(z_1,\ z_i)\ \frac{1}{(1.\,2...\,m-1)}\int_0^{z_k}\frac{e^{-z}z^m f^m(z)\,d\ z}{z-z_4}$$

$$+.....+\Phi\,(z_n,\ z_i)\ \frac{1}{1.\,2...\,(m-1)}\int_0^{z_k}\frac{e^{-z}z^m f^m(z)\ d\ z}{z-z_n},$$

ó, empleando las notaciones indicadas,

$$(m+1)^{i}_{k}=-\frac{1}{1.\,2...\,m}\int_0^{z_k} d\ [\ e^{-z}z^m f^m\ (z)\ \Phi\ (z,\ z_i)\ ]+$$

$$\Phi\ (z_0,\ z_i)\ m^{0}_{k}+\Phi\,(z_1,z_1)\,m^{1}_{k}+\Phi\ (z_2,\ z_i)\ m^{2}+.....+\Phi\,(z_n,\ z_i)\ m^{n}_{k}.$$

Ahora bien, el primer término del segundo miembro tiene por integral indefinida $e^{-z} z^m f^m (z) \Phi (z, z_i)$; y, poniendo los límites, vemos que se reduce á cero para $z = 0$, porque contiene el factor z^m; y para $z = z_k$, porque, siendo z_k una raíz de $f(z)$, el factor $f^m (z)$ también se anulará.

Verdad es que aplicamos á las expresiones imaginarias el teorema de las integrales definidas de variables reales; pero esto es legítimo en el caso actual.

En efecto, si se tiene $\int_0^{z_k} d\,N$, siendo N y z_k cantidades imaginarias, podremos dividir la curva de la integración en elementos, y representando por o, z_1, z_2, z_3..... z_k los valores sucesivos é infinitamente próximos de z, y por los subíndices los valores correspondientes de N resultará:

$$\int_0^{z_k} d\,N = \text{límite}\ (N_k - N_{k-1} + N_{k-1} - N_{k-2} + \ldots - N_1 + N_1 - N_0) = N_k - N_0.$$

Pero $N_k - N_0$ és el resultado de sustituir en la integral indefinida ambos límites y de restar uno de otro.

Anulando, pues, el primer término del segundo miembro se hallará:

$$(m+1)^i_k = \Phi(z_0, z_i)\, m^0_k + \Phi(z_1, z_i) m^1_k + \Phi(z_2, z_i) m^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_i)\, m^n_k.$$

Y como el número *m* es arbitrario, podemos sustituir m á $m + 1$, y tendremos finalmente:

$$m^i_k = \Phi(z_0, z_i)\,(m-1)^0_k + \Phi(z_1, z_i)\,(m-1)^1_k + \Phi(z_2, z_i)\,(m-1)^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_i)\,(m-1)^n_k \quad (4)$$

De esta manera el valor de la integral correspondiente á *m* se expresa en función de las integrales de la misma forma correspondientes á $m-1$; y como estas á su vez pueden expresarse en funciones de $(m-2)^0_k\ (m-2)^1_k \ldots\ (m-2)^n_k$, tendremos el valor de m^i_k en valores de las precedentes.

Disminuyendo m de unidad en unidad, obtendremos finalmente m_k^i en valores de $(2)_k^0$, $(2)_k^1$, $(2)_k^2$ ..... $(2)_k^n$. Además, como todas estas relaciones son lineales, la expresión última será lineal, y los coeficientes de $(2)_k^0 \ldots (2)_k^n$, que resultarán de multiplicaciones de Φ, serán, como estos polinomios, funciones enteras y de coeficientes enteros de las raíces de (α).

Hemos expresado m_k^i de este modo:

$$m_k^i = V_0 . (2)_k^0 + V_1 . (2)_k^1 + V_2 . (2)_k^2 + \ldots\ldots + V_n (2)_k^n$$

siendo los coeficientes V funciones enteras y de coeficientes enteros de las raíces z_1, z_2, z_3, z_n de (α); pero aun podemos expresar $(2)_k^0$, $(2)_k^1 \ldots (2)_k^n$ en función de $(1)_k^0$, $(1)_k^1$, $(1)_k^2 \ldots (1)_k^n$.

En efecto, hagamos $m = 1$ en la relación (2) y resultará

$$\frac{z\, f(z)}{z - z_i} = \Phi(z, z_i) - \frac{d\,\Phi(z, z_i)}{d\,z} - \left(\frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_0, z_i)}{z - z_0} + \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_1, z_i)}{z - z_1} + \ldots\ldots \frac{\Phi(z, z_i) - \Phi(z_n, z_i)}{z - z_n} \right)$$

Multiplicando ambos miembros por $e^{-z}\, z\, f(z)\, d\, z$ y ordenando convenientemente, hallaremos que

$$\frac{e^{-z} z^2 f^2(z)\, d\, z}{z - z_i} = \Phi(z, z_i)\, e^{-z}\, z\, f(z)\, d\, z - \frac{d\,\Phi(z, z_i)}{d\, z}\, d\, z .\, e^{-z}\, z\, f(z) -$$

$$e^{-z}\, z\, f(z)\, d\, z \left(\frac{\Phi(z, z_i)}{z} + \frac{\Phi(z, z_i)}{z - z_1} + \frac{\Phi(z, z_i)}{z - z_2} + \ldots\ldots \frac{\Phi(z, z_i)}{z - z_n} \right)$$

$$+ e^{-z} z\, f(z)\, d\, z \left(\frac{\Phi(z_0, z_i)}{z - z_0} + \frac{\Phi(z_1, z_i)}{z - z_1} + \frac{\Phi(z_2, z_i)}{z - z_2} + \ldots + \frac{\Phi(z_n, z_i)}{z - z_n} \right)$$

Integrando entre 0 y z_k; anulando la primera parte del segundo miembro como hicimos antes; y empleando las notaciones abreviadas de siempre, obtendremos

$$(2)_k^i = \Phi(z_0, z_i)\,(1)_k^0 + \Phi(z_1, z_i)(1)_k^1 + \Phi(z_2, z_i)\,(1)_k^2 + \ldots + \Phi(z_n, z_i)\,(1)_k^n,$$

De suerte que podremos eliminar del último valor de m_k^i las cantidades $(2)_k^0$, $(2)_k^1 \ldots (2)_k^2$ en función de $(1)_k^0$, $(1)_k^1$,

$(1)_k^2 \ldots (1)_k^n$, sin que deje de ser lineal la expresión que resulte.

Tendremos, pues,

$$m_k^i = U_0^i (1)_k^0 + U_1^i (1)_k^1 + U_2^i (1)_k^2 + \ldots + U_n^i (1)_k^n \qquad (4')$$

siendo los coeficientes U funciones enteras y de coeficientes enteros de las raíces de (α).

Sin detenernos á determinar la forma de las funciones U, podemos demostrar una propiedad importante de dichos coeficientes.

Teorema. Si en la ecuación anterior damos á i los $n+1$ valores 0, 1, 2, 3... n, tendremos estas $n+1$ ecuaciones

$$\begin{aligned}
m_k^0 &= U_0^0 (1)_k^0 + U_1^0 (1)_k^1 + U_2^0 (1)_k^2 + \ldots + U_n^0 (1)_k^n \\
m_k^1 &= U_0^1 (1)_k^0 + U_1^1 (1)_k^1 + U_2^1 (1)_k^2 + \ldots + U_n^1 (1)_k^n \\
m_k^2 &= U_0^2 (1)_k^0 + U_1^2 (1)_k^1 + U_2^2 (1)_k^2 + \ldots + U_n^2 (1)_k^n \qquad (5) \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
m_k^n &= U_0^n (1)_k^0 + U_1^n (1)_k^1 + U_2^n (1)_k^2 + \ldots + U_n^n (1)_k^n
\end{aligned}$$

y el teorema consiste en que la determinante de los coeficientes U es igual á $\delta^{2(m-1)}$, siendo como antes

$$\delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & & 1 \\ z_0 & z_1 & \ldots & z_n \\ z_0^2 & z_1^2 & \ldots & z_n^2 \\ \ldots & \ldots & & \ldots \\ z_0^n & z_1^n & \ldots & z_n^n \end{vmatrix} :$$

es decir, que debemos demostrar la siguiente relación:

$$\begin{vmatrix} U_0^0 & U_1^0 & \ldots & U_n^0 \\ U_0^1 & U_1^1 & \ldots & U_n^1 \\ U_0^2 & U_1^2 & \ldots & U_n^2 \\ \ldots & \ldots & & \ldots \\ U_0^n & U_1^n & \ldots & U_n^n \end{vmatrix} = \delta^{2(m-1} \qquad (5')$$

Demostración. La determinante anterior es el denominador común de los valores de $(1)^0_k$, $(1)^1_k$..... deducidos de las ecuaciones (5); y así todo queda reducido á obtener dichas cantidades $(1)^0_k$, etc. por dos procedimientos:

1.° Despejando de las expresadas ecuaciones (5).

2.° Partiendo de la ecuación (4), en la que haremos i igual á 0, 1, 2, 3, ... n, sucesivamente.

Tendremos, pues:

$$m^0_k = \Phi(z_0, z_0)\,(m-1)^0_k + \Phi(z_1, z_0)\,(m-1)^1_k + \Phi(z_2, z_0)\,m-1)^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_0)\,(m-1)^n_k$$

$$m^1_k = \Phi(z_0, z_1)\,(m-1)^0_k + \Phi(z_1, z_1)\,(m-1)^1_k + \Phi(z_2, z_1)\,(m-1)^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_1)\,(m-1)^n_k$$

$$m^2_k = \Phi(z_0, z_2)\,(m-1)^0_k + \Phi z_1, z_2)\,(m-1)^1_k + \Phi(z_2, z_2)\,(m-1)^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_2)\,(m-1)^n_k$$

.....

$$m^n_k = \Phi(z_0, z_n)\,(m-1)^0_k + \Phi(z_1, z_n)\,(m-1)^1_k + \Phi(z_2, z_n)\,(m-1)^2_k + \ldots + \Phi(z_n, z_n)\,(m-1)^n_k.$$

Despejando las (m—1), el denominador común será la determinante de las Φ: precisamente la de la fórmula (3), cuyo valor es δ^2; de donde resulta, llamando A_0, A_1, A_2, ... A_n á los numeradores,

$$(m-1)^0_k = \frac{A_0}{\delta^2};\ (m-1)^1_k = \frac{A_1}{\delta^2};\ (m-1)^2_k = \frac{A_2}{\delta^2} \ldots (m-1)^n_k = \frac{A_n}{\delta^2}.$$

Y expresando las (m—1) en función de las (m—2) por la fórmula general (4), obtendremos el sistema siguiente:

$$\frac{\lambda_0}{\delta^2} = (m-1)^0_k = \Phi(z_0, z_0)\,(m-2)^0_k + \Phi(z_1, z_0)\,(m-2)^1_k + \ldots + \Phi(z_n, z_0)\,(m-2)^n_k$$

$$\frac{\lambda_1}{\delta^2} = (m-1)^1_k = \Phi(z_0, z_1)\,(m-2)^0_k + \Phi(z_1, z_1)\,(m-2)^1_k + \ldots + \Phi(z_n, z_1)\,(m-2)^n_k$$

$$\frac{\lambda_2}{\delta^2} = (m-1)^2_k = \Phi(z_0, z_2)\,(m-2)^0_k + \Phi(z_1, z_2)\,(m-2)^1_k + \ldots + \Phi(z_n, z_2)\,(m-2)^n_k$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{\lambda_n}{\delta^2} = (m-1)^n_k = \Phi(z_0, z_n)\,(m-2)^0_k + \Phi(z_1, z_n)\,(m-2)^1_k + \ldots + \Phi(z_n, z_n)\,(m-2)^n_k.$$

Despejando de los anteriores las (m—2), el denominador común será la determinante de las Φ, es decir, δ^2; y como en el numerador, que será de forma fraccionaria, existe un denominador δ^2, tendremos, representando por B_0, B_1, B_2,... B_n, los numeradores

$$(m-2)^0_k = \frac{B_0}{(\delta^2)^2};\ (m-2)^1_k = \frac{B_1}{(\delta^2)^2};\ (m-2)^2_k = \frac{B_2}{(\delta^2)^2};\ \ldots (m-2)^n_k = \frac{B_n}{(\delta^2)^2}.$$

Siguiendo el mismo procedimiento, es decir, poniendo los valores de (m—2) en función de (m—3), despejando estas cantidades y representando por C_0, C_1, C_2,... C_n los numeradores, hallaremos:

$$(m-3)^0_k = \frac{C_0}{(\delta^2)^3};\ (m-3)^1_k = \frac{C_1}{(\delta^2)^3};\ (m-3)^2_k = \frac{C_2}{(\delta^2)^3};\ \ldots\ldots;\ (m-3)^n_k = \frac{C_n}{(\delta^2)^3}$$

Y continuando de esta manera, y disminuyendo *m* de unidad en unidad, hasta llegar á (1), tendremos

$$(1)^0_k = \frac{M_0}{(\delta^2)^{m-1}};\ (1)^1_k = \frac{M_1}{(\delta^2)^{m-1}};\ (1)^2_k = \frac{M_2}{(\delta^2)^{m-1}};\ \ldots (1)^n_k = \frac{M_n}{(\delta^2)^{m-1}}.$$

Estos valores deben ser idénticos á los que se deducen de las ecuaciones (5), y como no se ha efectuado ninguna simplificación, los denominadores deben ser iguales; pero el de las expresiones anteriores es $(\delta^2)^{m-1} = \delta^{2\,(m-1)}$, y el de los

valores que se deducen de las ecuaciones (5) es la determinante de las U: luego tendremos:

$$\begin{vmatrix} U_0^0 & U_1^0 \dots U_n^0 \\ U_0^1 & U_1^1 \dots U_u^1 \\ \dots\dots\dots\dots \\ U_0^n & U_1^n \dots U_n^n \end{vmatrix} = \delta^{2(m-1)}$$

que es precisamente el teorema propuesto.

VALORES DE LAS CANTIDADES $(1)_k^i$.

Haciendo m=o en la ecuación general (2), se obtiene la particular (2′′′)

$$\frac{zf(z)}{z-z_i} = \varphi(z, z_i) - \frac{d\varphi(z, z_i)}{dz}; \quad (2''')$$

y representando por φ la función general Φ, y multiplicando por $e^{-z}dz$, resulta:

$$\frac{e^{-z}zf(z)}{z-z_i}\,dz = e^{-z}\varphi(z, z_i)\,dz - e^{-z}\frac{d\varphi(z, z_i)}{dz}\,dz = -d\left[e^{-z}\varphi(z, z_i)\right]:$$

é integrando entre 0 y z_k, raíz de (α):

$$\int_0^{z_k} \frac{e^{-z}zf(z)}{z-z_i}\,dz = (1)_k^i = -\left[e^{-z}\varphi(z, z_i)\right]_0^{z_k} = \varphi(z_0, z_i) - e^{-z_k}\varphi(z_k\, z_i)$$

Es decir: $$(1)_k^i = \varphi(z_0, z_i) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_i). \quad (6)$$

FÓRMULA FUNDAMENTAL DE HERMITE.

Si en la fórmula (4')

$$(m)^{i}_{k} = U^{i}_{0}(1)^{0}_{k} + U^{i}_{1}(1)^{1}_{k} + U^{i}_{2}(1)^{2}_{k} + \ldots U^{i}_{n}(1)^{n}_{k} \qquad (4')$$

ponemos los valores de las cantidades $(1)^{i}_{k}$ deducidos de la (6), es decir:

$$\begin{aligned}
(1)^{0}_{k} &= \varphi(z_0, z_0) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_0)\\
(1)^{1}_{k} &= \varphi(z_0, z_1) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_1)\\
(1)^{2}_{k} &= \varphi(z_0, z_2) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_2)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
(1)^{n}_{k} &= \varphi(z_0, z_n) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_n)
\end{aligned}$$

resultará:

$$(m)^{i}_{k} = U^{i}_{0}\left[\varphi(z_0, z_0) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_0)\right] + U^{i}_{1}\left[\varphi(z_0, z_1) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_1)\right]$$
$$+ U^{i}_{2}\left[\varphi(z_0, z_2) - e^{-z_k}\varphi(z_k, z_2)\right] + \ldots + U^{i}_{n}\left[\varphi(z_0, z_n) - e^{-z_k}\varphi(z_n, z_n)\right];$$

Y, ordenando esta expresión de otro modo, tendremos:

$$(m)^{i}_{k} = \left[U^{i}_{0}\varphi(z_0, z_0) + U^{i}_{1}\varphi(z_0, z_1) + U^{i}_{2}\varphi(z_0, z_2) + \ldots + U^{i}_{n}\varphi(z_0, z_n)\right]$$
$$- e^{-z_k}\left[U^{i}_{0}\varphi(z_k, z_0) + U^{i}_{1}\varphi(z_k, z_1) + U^{i}_{2}\varphi(z_k\, z_2) + \ldots + U^{i}_{n}\varphi(z_k, z_n)\right].$$

Si, en general, representamos por u el polinomio de los paréntesis, lo cual es legítimo, pues la forma es la misma para ambos; ponemos además á u un subíndice que indique la z que entra en primer lugar en φ; y un índice superior

que indique la z que entra en las cantidades U, obtendremos en forma abreviada:

$$(m)_k^i = u_0^i - e^{-z_k} u_k^i \quad (7)$$

que es la fórmula fundamental de Hermite.

En esta fórmula debemos recordar siempre:

1.° Que m_k^i representa el valor de la integral $\frac{1}{(1.2...m-1)} \times \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)\,dz}{z - z_i}$: de suerte que k indica la raíz z_k del límite superior, é *i* cuál es la raíz que entra en el denominador.

2.° Que la forma general de u es

$$u_h^i = U_0^i \varphi(z_h, z_0) + U_1^i \varphi(z_h, z_1) + \ldots + U_n^i \varphi(z_h, z_n),$$

siendo las U los coeficientes de $(1)_k^0$, $(1)_k^1$, ... $(1)_k^n$ en el valor de m_k^i, de la fórmula (4').

3.° Que las cantidades u son *funciones enteras* y de *coeficientes enteros* de las raíces de $f(z)=0$ (α).

Esto es evidente, dada la forma del valor de U_k^i, y lo que hemos dicho de las U y las φ.

Sólo nos quedan dos teoremas por exponer para completar esta parte preparatoria del trabajo de Lindemann.

Teorema. La determinante

$$\Delta = \begin{vmatrix} u_0^0 & u_1^0 & \ldots & u_n^0 \\ u_0^1 & u_1^1 & \ldots & u_n^1 \\ u_0^2 & u_1^2 & \ldots & u_n^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ u_0^n & u_1^n & \ldots & u_n^n \end{vmatrix}$$

es igual á δ^{2m}: es decir, $\Delta = \delta^{2m}$.

Demostración. Basta para convencerse de ello poner por las cantidades u sus valores en Δ.

Resultará:

$$\begin{vmatrix} U_0^0\varphi(z_0,z_0)+U_1^0\varphi(z_0,z_1)+..+U_n^0\varphi(z_0,z_n), \ldots\ldots U_0^0\varphi(z_n,z_0)+U_1^0\varphi(z_n z_1)+..+U_n^0\varphi(z_n,z_n) \\ U_0^1\varphi(z_0,z_0)+U_1^1\varphi(z_0,z_1)+..+U_n^1\varphi(z_0\, z_n), \ldots\ldots\ U_0^1\varphi(z_n,z_0)+U_1^1\varphi(z_n,z_1)+..+U_n^1\varphi(z_n,z_n) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ U_0^n\varphi(z_0,z_0)+U_1^n\varphi(z_0,z_1)+..+U_n^n\varphi\, z_0,\, z_n), \ldots\ldots U_0^n\varphi(z_n,z_0)+U_1^n\varphi(z_n,z_1)+..+U_n^n\varphi(z_n,z_n) \end{vmatrix}$$

Pero esta determinante es el producto de las dos determinantes (3′) y (5′), en que se han multiplicado horizontales de la segunda por verticales de la primera para formar horizontales del producto: así, pues,

$$\Delta = \begin{vmatrix} \varphi(z_0,z_0) \ldots \varphi(z_n,z_0) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \varphi(z_0,z_n \ldots \varphi(z_n,z_n) \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} U_0^0 \ldots U_n^0 \\ \ldots\ldots\ldots \\ U_0^n \ldots U_n^n \end{vmatrix},$$

y poniendo los valores de ambas determinantes según las fórmulas citadas (3′) y (5′)

$$\Delta = \delta^2 \times \delta^{2(m-1)} = \delta^{2m},$$

que constituye el teorema de que nos ocupamos.

Teorema. La integral m_k^i tiende hacia cero á medida que m crece; y, para $m=\infty$, m_k^i es igual á cero rigorosamente.

Demostración. Como el módulo de una suma es inferior á la suma de los módulos, el módulo de

$$m_k^i = \frac{1}{1.2\ldots(m-1)} \int_0^{z_k} \frac{e^{-z} z^m f^m(z)\, dz}{z - z_i}$$

será inferior á la suma de los módulos de los elementos.

Representando: 1.° Por μ' el módulo de z f (z) para cualquier punto de la curva de integración: cantidad finita puesto que z lo es y f (z) es entera en z;

2.° Por ν' el módulo de $e^{-z}(z-z_i)^{-1}$: cantidad que también será finita, pues la curva de integración, que es arbitraria, no necesita pasar por z_i; y

3.° Por $d\lambda'$ la longitud de un arco infinitamente pequeño de la curva de integración, tendremos que el módulo de un elemento de la integral será:

$$\text{mod}\left[zf(z)\right]^m \times \text{mod}\left(e^{-z}(z-z_i)^{-1}\right] \times d\lambda' = \mu'^m \nu' d\lambda';$$

y, por lo tanto, $\text{mod } m_k^i < \int_0^{z_k} \frac{\mu'^m \nu' d\lambda'}{1.2..(m-1)}$

Tomando los mayores valores de μ' y ν' en la curva de integración y representándolos por μ_1 y ν_1, se verificará la desigualdad

$$\text{mod } m_k^i < \frac{\mu_1^m \nu_1}{1.2..(m-1)} \int_0^{z_k} d\lambda';$$

ó bien

$$\text{mod } m_k^i < \frac{\mu_1^m \nu_1 \lambda'}{1....(m-1)}.$$

Y si, haciendo todas las combinaciones posibles de los índices k é i, representamos los máximos valores de μ_1, ν_1, y λ', por μ, ν, λ, todavía tendremos, con más razón aún:

$$\text{mod } m_k^i < \frac{\mu^m \nu \lambda}{1.2..(m-1)}$$

ó bien

$$\text{mod } m_k^i < \left[\frac{\mu^{m-1}}{1.2..(m-1)}\right] \mu\nu\lambda$$

La cantidad $\mu\nu\lambda$ es finita y constante, y $\frac{\mu^{m-1}}{1.2...(m-1)}$ tiende á cero, á medida que m crece. Luego

$$\text{lim. mod } m_k^i = 0:$$

lo cual prueba que m_k^i tiende hacia cero, pues una imaginaria se anula cuando se anula su módulo.

Con estos precedentes podemos pasar á la demostración del teorema de Lindemann.

TEOREMA DE LINDEMANN.

Sea la ecuación

$$\psi(z) = z^p + b_1 z^{p-1} + b_2 z^{p-2} + \ldots\ldots + b_p = 0,$$

que supondremos irreducible y cuyos coeficientes b_1, b_2, b_3, ..., b_p son *números* enteros, reales ó imaginarios; es decir, de la forma general $r + s\sqrt{-1}$, en la cual r y s representan números enteros.

1.° Formemos la ecuación de la suma de las raíces de dos en dos: $z_1 + z_2$, $z_1 + z_3$,.....: cuyo grado será $\frac{p(p-1)}{1.2} = p_2$

Sea esta ecuación $S_2(Z_2) = 0$: en la cual con el subíndice 2 significamos que Z_2 es raíz de la ecuación de las sumas dos á dos.

Supongamos para simplificar la demostración que la ecuación $S_2(Z_2) = 0$ es irreducible, que no tiene raíces iguales, y que ninguna de las raíces Z_2', Z_2'', Z_2'''..... de esta ecuación es igual á otra de la propuesta $\psi(z)$, ó á una de la serie $z_1, z_2, z_3, \ldots, z_p$.

Ya tendremos en cuenta, para completar la teoría, las restricciones precedentes.

2.° Formemos la ecuación de las sumas de las raíces z_1, z_2, $z_3 .. z_p$, tomadas tres á tres: su grado será $p\,\frac{(p-1)(p-1)}{1.2.3.} = p_3$.

Sea esta ecuación $S_3\,(Z_3) = 0$: en la cual el subíndice 3 recuerda que Z_3 es raíz de la ecuación de las sumas de las raíces de la ecuación primitiva, tomadas de tres en tres.

Y supongamos, lo mismo que antes, que la ecuación $S_3\,(Z_3) = 0$ es irreducible, que no tiene raíces iguales, y que ninguna de sus raíces Z_3', Z_3'', Z_3'''..... es igual á otra de las dos series precedentes:

$$z_1,\ z_2,\ z_3,\ \ldots\ z_p$$

$$Z_2', Z_2'', Z_2''', \ldots\ Z_2^{(p_2)}$$

3.° Formemos del mismo modo, y con análogas restricciones, la ecuación

$$S_4\,(Z_4) = 0$$

de las sumas de las raíces z_1, z_2, $z_3 \ldots z_p$ tomadas 4 á 4, que será del grado p_4; la ecuación análoga

$$S_5\,(Z_5) = 0;$$

y, por último, siguiendo de este modo, la ecuación

$$S_p\,(Z_p) = 0\,,$$

que en rigor será

$$Z_p + b_1 = 0.$$

Y 4.° Consideremos la relación general de Hermite,

$$m_k^i = u_0^i - e^{-z_k} u_k^i,$$

puesta bajo la forma

$$e^{z_k} m_k^i = e^{z_k} u_0^i - u_k^i, \qquad (1)$$

y apliquémosla á la ecuación compuesta

$$\psi.\ S_2.\ S_3.\ S_4 \ldots\ S_p = \Psi = 0,$$

que será del grado

$$p + p_2 + p_3 + \ldots\ 1 = P, \qquad (1')$$

y cuyas raíces serán

$$\left.\begin{array}{l} z_1,\ z_2,\ z_3,\ldots z_p \\ Z_2',Z_2'',Z_2''',\ldots\ldots Z_2^{(p_2)}, \\ Z_3',Z_3'',Z_2'''',\ldots\ldots Z_3^{(p_3)}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ Z_p \end{array}\right\} \quad (2)$$

Entre estos números, ó raíces, según las restricciones indicadas, no hay dos iguales.

La ecuación (1), tanto respecto al índice i, como al índice k, puede aplicarse á las raíces del grupo (2); debiendo advertirse que la relación (1) es de doble entrada, y que podrá aplicarse respecto á ambos índices i y k, desde 0 á P, ó sea para P + 1 valores.

En rigor podría representarse cualquiera de las cantidades (2) por una misma letra X, poniéndole subíndices; y así tendríamos X_0, X_1, X_2..... X_p en vez del grupo (2), y la notación sería análoga á la del Teorema de Hermite: lo que allí eran z_0, z_1, z_2,..... aquí serían X_0, X_1, X_2..... Apliquemos la relación (1) á las raíces de $\psi = 0$, ó sea á las raíces z, que son las del primer factor de la ecuación $\Psi = 0$; y cada raíz z_1, z_2, z_3..... z_p dará una ecuación análoga á la (1). Pero esta aplicación se hace respecto á los valores de z, que corresponden al subíndice k, dejando indeterminado el índice i, que puede referirse á cualquier raíz X, ó sea del grupo (2).

Sumando todas estas ecuaciones, tendremos

$$\Sigma\, e^{z_k} m_k^i = u_0^i \Sigma\, e^{z_k} - \Sigma\, u_k^i:$$

las *sumas* se refieren á las p raíces z_1, z_2..... de ψ.

Del mismo modo, aplicando la relación (1) á las p_2 raíces de S_2 (Z_2), respecto al índice k, pero dejando á la raíz, que corresponde al índice i, el mismo valor que antes, y sumando después la p_2 ecuaciones que resultan, tendremos:

$$\Sigma\, e^{Z_2} m_{(Z_2)}^i = u_0^i \Sigma\, e^{Z_2} - \Sigma\, u_{(Z_2)}^i:$$

las sumas se refieren á las p_2 raíces Z_2' Z_2'', ..., de S_2: por eso en

u^{i}_{k} en vez del subíndice k hemos puesto (Z_2). Así como en la ecuación anterior cada Σ tenía p términos, en esta cada Σ comprende p_2 términos, uno por cada raíz de S_2. E igualmente formaremos una ecuación análoga á las anteriores para cada grupo de raíces de $S_3 = 0$, $S_4 = 0$, ... $S_p = 0$.

Tendremos por lo tanto el cuadro siguiente, como aplicación de la ecuación (1) á cada factor de $\Psi = 0$ (1'). Advirtiendo que las u se refieren á dicha ecuación compuesta, cuyas raíces son las del grupo (2), ó si se quiere á las raíces X_0, X_1, X_2,..... X_p, que son las mismas del grupo (2), con indices ordenados de 0 á P.

He aquí el cuadro de ecuaciones á que nos referimos.

$$N_1 \ldots\ldots\ldots \quad \Sigma e^{z_k} m^{i}_{k} = u^{i}_{0} \Sigma e^{z_k} - \Sigma u^{i}_{k} .$$

Cada *sigma* tiene un término por cada raíz z_1, z_2..... z_p: en total p términos.

$$N_2 \ldots\ldots\ldots \quad \Sigma e^{Z_2} m^{i}_{(Z_2)} = u^{i}_{0} \Sigma e^{Z_2} - \Sigma u^{i}_{(Z_2)} .$$

Cada Σ tiene un término por cada raíz de $S_2 = 0$: en total p_2 términos.

$$N_3 \ldots\ldots\ldots \quad \Sigma e^{Z_3} m^{i}_{(Z_3)} = u^{i}_{0} \Sigma e^{Z_3} - \Sigma u^{i}_{(Z_2)} .$$

Cada Σ tiene un término por cada raíz de $S_3 = 0$: en total p_3 términos.

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$N_p \ldots\ldots\ldots \quad \Sigma e^{Z_p} m^{i}_{(Z_p)} = u^{i}_{0} \Sigma e^{Z_p} - \Sigma e u^{i}_{(Z_p)} .$$

Cada *sigma* sólo tiene un término, porque $S_p = 0$ sólo posee una raíz.

De los índices y subíndices i y k de la ecuación (1) el segundo ya está determinado: el primero i puede ser cualquiera

desde 0 á P; ó, de otro modo, la raíz correspondiente puede ser cualquiera de las P cantidades del grupo (2) y además $X_0 = 0$.

Multiplicando cada ecuación por N_1, N_2, N_3, N_4 ..... N_p, que hasta ahora son arbitrarios y que tomaremos como más nos convenga, y sumando los resultados, concluiremos que

$$N_1 \Sigma e^{z_k} m^{i}_{k} + N_2 \Sigma e^{Z_2} m^{i}_{(Z_2)} + N_3 \Sigma e^{Z_3} m^{i}_{(Z_3)} + \ldots + N_p \Sigma e^{Z_p} m^{i}_{(Z_p)}$$
$$= u^{i}_{0} \left[N_1 \Sigma e^{z_k} + N_2 \Sigma e^{Z_2} + N_3 \Sigma e^{Z_3} + \ldots + N_p \Sigma e^{Z_p} \right] -$$
$$- \left[N_1 \Sigma u^{i}_{k} + N_2 \Sigma u^{i}_{(Z_2)} + N_3 \Sigma u^{i}_{(Z_3)} + \ldots + N_p \Sigma u^{i}_{(Z_p)} \right] \quad (3)$$

Y ahora vamos á demostrar, por reducción al absurdo, que jamás puede existir una relación lineal con coeficientes enteros entre

$$\Sigma e^{z}, \Sigma e^{Z_2}, \Sigma e^{Z_3} \ldots \Sigma e^{Z_p}:$$

es decir entre

$$\Sigma e^{z}, \Sigma e^{z_1 + z_2}, \Sigma e^{z_1 + z_2 + z_3}, \ldots \Sigma e^{z_1 + z_2 + z_3 \ldots + z_p}$$

En efecto: supongamos que existe y sea

$$N_0 + N_1 \Sigma e^{z} + N_2 \Sigma e^{Z_2} + N_3 \Sigma e^{Z_3} + \ldots + N_p \Sigma e^{Z_p} = 0. \quad (3')$$

Estos mismos números enteros N_1, N_2, N_3 ... N_p serán los que tomaremos para formar la ecuación (3), y de aquí hemos de deducir un absurdo, que demuestre la imposibilidad de la hipótesis (3').

Sustituyendo en (3) el valor del primer paréntesis del segundo miembro, deducido de (3'), tendremos

$$N_1 \Sigma e^{z_k} m^{i}_{k} + N_2 \Sigma e^{Z_2} m^{i}_{(Z_2)} + N_3 \Sigma e^{Z_3} m^{i}_{(Z_3)} + \ldots + N_p \Sigma e^{Z_p} m^{i}_{(Z_p)}$$
$$= - \left[N_0 u^{i}_{0} + N_1 \Sigma u^{i}_{k} + N_2 \Sigma u^{i}_{(Z_2)} + N_3 \Sigma u^{i}_{(Z_3)} + \ldots + N_p \Sigma u^{i}_{(Z_p)} \right] \quad (3'')$$

Pero el índice i es cualquiera de la serie 0, 1, 2 ... P: luego, poniendo por i todos estos valores, tendremos P + 1 ecuaciones, ó una por cada raíz de $\Psi = 0$, y además una para $X_0 = 0$, según la convención del teorema de Hermite ($z_0 = 0$).

Representando para abreviar por A el primer miembro, y poniendo á la A un subíndice, que indique el valor de i á que se refiere, tendremos las P + 1 ecuaciones siguientes:

$$\left.\begin{aligned}
A_0 &= -\left[N_0 u_0^0 + N_1 \Sigma u_k^0 + N_2 \Sigma u_{(Z_2)}^0 + N_3 \Sigma u_{(Z_3)}^0 + \ldots + N_p \Sigma u_{(Z_p)}^0\right],\\
A_1 &= -\left[N_0 u_0^1 + N_1 \Sigma u_k^1 + N_2 \Sigma u_{(Z_2)}^1 + N_3 \Sigma u_{(Z_3)}^1 + \ldots + N_p \Sigma u_{(Z_p)}^1\right],\\
A_2 &= -\left[N_0 u_0^2 + N_1 \Sigma u_k^2 + N_2 \Sigma u_{(Z_2)}^2 + N_3 \Sigma u_{(Z_3)}^2 + \ldots + N_p \Sigma u_{(Z_p)}^2\right],\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
A_i &= -\left[N_0 u_0^i + N_1 \Sigma u_k^i + N_2 \Sigma u_{(Z_2)}^i + N_3 \Sigma u_{(Z_3)}^i + \ldots + N_p \Sigma u_{(Z_p)}^i\right],\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
A_p &= -\left[N_0 u_0^P + N_1 \Sigma u_k^P + N_3 \Sigma u_{(Z_2)}^P + N_3 \Sigma u_{(Z_3)}^P + \ldots + N_p \Sigma u_{(Z_p)}^P\right].
\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Ya se entiende que las u llevan índices y subíndices, y no exponentes.

Los primeros miembros, A_0, A_1,... A_p, de todas estas ecuaciones contienen en todos sus términos las integrales m_r^s del teorema de Hermite: de suerte que, si suponemos que m crece, todos aquellos primeros miembros tienden hacia *cero*. Esto prueba, por el pronto, que los segundos miembros también *tienden á cero*; pero no prueba todavía que como iguales á cero deban en rigor considerarse.

Fijemos bien las ideas.

En los segundos miembros no entra al parecer el número m; y, sin embargo, estos segundos miembros dependen de m, y varían con él, y hasta lo contienen.

En ellos, en efecto, entran las u; y éstas dependen de las U; y las U, según su sistema de formación, dependen de m.

Directamente entran y además por su combinación: es decir, de dos modos.

En efecto, para deducir de la ecuación

$$m^{i}_{k}=\Phi(z_0, z_i)\,(m-1)^{0}_{k}+\Phi(z_1, z_i)\,(m-1)^{1}_{k}+\Phi(z_2, z_i)\,(m-1)^{2}_{k}+$$
$$+\ldots\ldots\,\Phi(z_n, z_i)\,(m-1)^{n}_{k},$$

los valores de las U en la ecuación final

$$m^{i}_{k}=U^{i}_{0}\,(1)^{0}_{k}+U^{i}_{1}\,(1)^{2}_{k}+U^{i}_{2}\,(1)^{3}_{k}+\ldots\ldots\quad U^{i}_{n}\,(1)^{n}_{k},$$

será preciso repetir mayor ó menor número de veces la reducción de *m*, según el valor de este número *m:* luego los valores de U, que se forman por *combinaciones repetidas de estas ecuaciones*, serán distintos según el número de estas combinaciones. Además, la *m* entra en las (θ); éstas en las (Φ); y éstas en las U, según hemos dicho.

De aquí resulta que, al menos *à priori*, debe suponerse que el segundo miembro de cada ecuación (4), varía á medida que *m* crece. Varía y disminuye: puesto que los primeros miembros, A, tienden todos hacia cero.

Pero también los términos de una serie convergente tienden á cero y ninguno lo es: de suerte que hasta ahora no hay derecho para decir que los segundos miembros de las ecuaciones (4) sean *rigorosamente nulos*, por grande que sea *m*; sino que tienden hacia cero.

Para salvar esta dificultad, emplea M. Lindemann el siguiente artificio y las siguientes consideraciones.

Un miembro cualquiera del grupo (4) es una función entera de las N y las u. Las N son números enteros, reales ó imaginarios; y las u son funciones enteras de las U y de las φ. Las U por su composición son funciones enteras de las Φ: de suerte que, apurado el asunto, los segundos miembros de las ecuaciones (4) son funciones enteras y de coeficientes enteros de las φ y de las Φ. Pero las Φ (y por lo tanto las φ que son casos particulares de ellas) son funciones enteras de las θ, que á su vez lo son de los coeficientes de la ecuación

primitiva, que en este caso es la Ψ, y de las raíces de ésta.

En último análisis los segundos miembros de las ecuaciones (4) son funciones enteras de las raíces de $\Psi = 0$ (que son todas las del grupo (2)), y además sus coeficientes son números enteros, reales ó imaginarios.

Veamos cómo varían, cuando se cambian entre sí, las raíces $z_1, z_2, z_3 \ldots z_p$ de $\psi = 0$; y veámoslo para deducir si son ó no funciones simétricas de estas raíces.

Imaginemos que se cambian las dos raíces z_r y z_s una por otra: *primero*, en la primera ecuación del grupo (4); y *segundo*, en las restantes.

Primero: en la ecuación

$$A_0 = -\left[N_0 u^{0}_{0} + N_1 \Sigma u^{0}_{k} + N_2 \Sigma u^{0}_{(Z_2)} + \ldots\ldots \right]$$

el índice superior es *cero:* es decir, que, en vez de una raíz de $\Psi = 0$, entrará $X_0 = 0$: no variará, pues, sea cual fuere el cambio entre z_r y z_s. Además, en un grupo cualquiera $N_h \Sigma u^{0}_{(Z_h)}$ entran todas las raíces Z'_h, Z''_h, Z'''_h ..... $Z_h^{(p_h)}$ de la ecuación $S_h = 0$, de la suma de las raíces de la propuesta: á saber, en cada término de Σ y en cada u una de estas raíces. Y, una de dos: ó las dos raíces que se cambian, z_r y z_s, entran en una misma Z_h, ó no entra más que una. En el primer caso

$$z_1 + \text{——} + z_r + \text{——} + z_s \text{——} \text{etc.},$$

es exactamente lo mismo, pues sólo se trata de sumas, que esta otra: $z_1 + \text{——} + z_s + \text{——} + z_r \text{——} \text{etc.}$:

por lo tanto Z_h no ha variado, ni $u^{0}_{Z_h}$. Y en el segundo caso á una raíz Z_h, en que entre z_r, corresponderá precisamente otra que sólo difiera de ella en que entrará z_s, siendo las demas z las mismas: es decir, que en Σ habrá dos (u), correspondientes á dos Z, de esta forma:

primera Z: $\text{——} + z_r + \text{——}$; y

segunda Z: $\text{——} + z_s + \text{——}$:

representando con los trazos rectos sumas de series de raíces (z).

El cambio de z_r por z_s y viceversa convierte estos dos términos en $\text{——} + z_s + \text{——}$, y

$\text{——} + z_r + \text{——}$:

de suerte que dicho cambio no produce otro efecto que cambiar unas Z de $\Sigma u^{0}_{(Z_h)}$ por otras, y, por consiguiente, unos términos de cada Σ por otros.

Como esto mismo puede decirse de todas las Σ de la primera ecuación del grupo (4), resulta, que el segundo miembro de dicha ecuación es una función entera y simétrica de las raíces $z_1, z_2, \ldots z_p$, de $\Psi = 0$, y que por lo tanto es *un número entero*.

Pero *un número entero*, que decrece sin límite, aproximándose á *cero*, es *rigorosamente nulo:* luego el segundo miembro, de la primera ecuación del grupo (4), es igual á *cero*.

Segundo. En las demás ecuaciones, cada término de cualquiera de las *sigmas*, contiene *u* con índice y subíndice: de manera, que en cada Σ las raíces Z_h, y por lo tanto las z, entran de dos modos distintos, según determina la composición de las *u*.

Respecto á las Z_h que entran, por razón del índice inferior, en cada Σ de cualquier ecuación del grupo (4), por ejemplo en $N_h \Sigma u^{i}_{(Z_h)}$, podemos repetir todo lo dicho para la primera ecuación: el cambio de z_r por z_s y viceversa, ó no altera á Z_h, ó cambia una Z por otra, y por lo tanto un término u de la Σ por otro.

En cuanto á las raíces Z, que entren por razón del índice *i*, puede repetirse respecto á ellas lo dicho para el subíndice Z_h: ó z_r y z_s entrarán á la vez en la Z que corresponda al índice *i*, ó no entrará ninguna, ó entrará una sola. *Si lo primero*, la Z será de la forma,

$$\text{——} + z_r \text{——} + z_s + \text{——}$$

y el cambio la convertirá en

$$\text{——} + z_s \text{——} + z_r + \text{——}$$

que es lo mismo, pues se trata de una suma.

Si lo segundo, ni Z ni u variarán.

Y si lo tercero, la raíz Z, que corresponde al índice *i* será de la forma, $\text{——} + z_r + \text{——}$.

Pero como el índice *i* varía de 0 á P, es decir, como hay una ecuación por cada raíz del grupo (2), habrá otra ecuación del grupo (2), cuyo índice *i* corresponderá á otra raíz de la misma ecuación $S_h = 0$, distinta de la anterior sólo por el cambio de z_r por z_s; es decir, $\text{——} + z_s + \text{——}$. De aquí resulta, que ambas raíces Z_h se cambiarán en esta forma:

la primera será $\text{——} + z_s + \text{——}$, y

la segunda $\text{——} + z_r + \text{——}$.

Y como otro tanto puede decirse de todos los términos de dichas dos ecuaciones, resulta, por último, que el cambio de z_r por z_s y el inverso no producen otro efecto, sino el de cambiar á lo sumo un segundo miembro de (4) por otro y viceversa.

Esto no prueba todavía que los segundos miembros de (4) sean números enteros, pues, exceptuada la primera ecuación, todas las demás se alteran cuando se cambian las raíces z entre sí.

Pero si se forma una ecuación,

$$\omega^{P+1} + B_1 \omega^{P} + B_2 \omega^{P-1} + \ldots\ldots B_P = 0,$$

cuyas raíces sean los segundos miembros de (4) (en rigor podría exceptuarse al primero), como B_1, B_2... son funciones simétricas de dichos segundos miembros, y éstos á lo más se cambian entre sí por el cambio de las z, resulta que B_1, B_2... son funciones simétricas de z_1, z_2, z_3... z_p, y que por lo tanto son *números enteros*.

Ahora bien, todos los segundos miembros de (4) disminuyen indefinidamente y otro tanto podremos decir de B_1, B_2, B_3...; y, como estos son enteros, resulta por fin que

son, al menos para valores bastante grandes de m, exactamente *nulos*.

Otro tanto se deducirá para los segundos miembros, puesto que la ecuación en ω se reduce á

$$\omega^{P+1} = 0.$$

Tendremos, pues, las P + 1 ecuaciones:

$$\left.\begin{aligned}
&N_0 u_0^0 + N_1 \Sigma u_k^0 + N_2 \Sigma_{(Z_2)} u^0 + N_3 \Sigma_{(Z_3)} u^0 + \ldots + N_p \Sigma_{(Z_p)} u^0 = 0,\\
&N_0 u_0^1 + N_1 \Sigma u_k^1 + N_2 \Sigma_{(Z_2)} u^1 + N_3 \Sigma_{(Z_3)} u^1 + \ldots + N_p \Sigma_{(Z_p)} u^1 = 0,\\
&N_0 u_0^{(2)} + N_1 \Sigma u_k^{(2)} + N_2 \Sigma_{(Z_2)} u^{(2)} + N_3 \Sigma_{(Z_3)} u^{(2)} + \ldots + N_p \Sigma_{(Z_p)} u^{(2)} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&N_0 u_0^{(P)} + N_1 \Sigma u_k^{(P)} + N_2 \Sigma_{(Z_2)} u^{(P)} + N_3 \Sigma_{(Z_3)} u^{(P)} + \ldots + N_p \Sigma_{(Z_p)} u^{(P)} = 0,
\end{aligned}\right\} \quad (5).$$

Antes de pasar adelante, observemos que siempre hemos hablado de Z; pero en esta denominación se halla comprendida z: lo mismo da Z, para las consideraciones que preceden, que z: ambas son raíces de $\Psi = 0$ y pertenecen al cuadro (2). Esta observación se aplica á todo lo que sigue.

En el cuadro (5) hay P + 1 ecuaciones, y, desarrollando las Σ, hay también P + 1 términos: la N y las u forman matrices cuadradas de $(P+1)^2$ término, en las que las u representan la matriz Δ de Hermite por su doble entrada de índices y subíndices para todas las raíces de $\Psi = 0$, ó sea para todas las cantidades del cuadro (2).

Tomando las N por incógnitas y las u por coeficientes, puesto que los segundos miembros son *nulos*, la determinante de u, es decir Δ, debe ser nula: de lo contrario los valores de N serían todos iguales á *cero*, cuando son *números enteros determinados*, al menos algunos: los de la relación *lineal supuesta* (3'). Esto mismo podría probarse tomando las determinantes menores.

Pero $\Delta = \delta^{2m}$; y, siendo $\Delta = 0$, resulta $\delta = 0$.

δ es la determinante

$$\delta = \begin{vmatrix} 1 & \ldots & 1 \\ z_0 & \ldots & z_n \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ z_0^n & \ldots & z_n^n \end{vmatrix} = 0$$

del teorema de Hermite, que en nuestro caso es la determinante correspondiente de las raíces de $\Psi = 0$, ó sea del cuadro (2), en la cual n es P.

Sabemos que δ es el producto de todas las diferencias de las raíces Z, tomadas dos á dos; pero δ es *cero:* luego una de estas diferencias por lo menos, por ejemplo $Z_h - Z_h'$, es nula ambién, es decir, $Z_h = Z_h'$: lo cual es imposible, porque Z_h es raíz de la ecuación irreducible $S_h = 0$, y Z_h', es raíz de la ecuación irreducible $S_h = 0$: resultado absurdo, decimos, por que dos ecuaciones irreducibles distintas no pueden tener una raíz común. En rigor, esto es contrario á la hipótesis de que en el cuadro (2) no hay dos raíces iguales; y con esto basta para demostrar lo absurdo de la consecuencia y la imposibilidad de la relación lineal (3').

Restricciones. Para la demostración precedente hemos puesto varias restricciones á la generalidad de los razonamientos.

1.ª Que las ecuaciones de las sumas dos á dos, $S_2 = 0$; tres á tres, $S_3 = 0$; etc., son irreducibles. (La $\psi = 0$ claro es que es irreducible por hipótesis).

2.ª Que ninguna de las ecuaciones $S_2 = 0$, $S_3 = 0$, $S_4 = 0$, etc., tiene raíces iguales. La propuesta $\psi = 0$ claro es también que no las tiene.

3.ª Que ninguna raíz de una de las ecuaciones

$$\psi = 0,\ S_2 = 0.\ S_3 = 0,\ S_4 = 0 \ldots$$

puede ser igual á otra raíz de otra de dichas ecuaciones.

Primera. Si las ecuaciones $S_2 = 0$, $S_3 = 0$, $S_4 = 0$... no son irreducibles, pero subsisten las demás restricciones, el método de demostración es el mismo que en el caso general,

y las ecuaciones (4) las mismas, refiriéndose cada *sigma* á todas las raíces de una de las ecuaciones $S_2=0$, $S_3=0$. etc. El resultado final será idéntico al ya obtenido: es decir, que obtendremos dos Z iguales, que no pueden serlo por hipótesis, y además por ser raíces de dos ecuaciones irreducibles distintas, $S'_h=0$ y $S'_k=0$. Estas no serán ya de la serie $\psi=0$, $S_2=0$, $S_3=0$, etc.; sino las componentes irreducibles de éstas. De todas maneras da lo mismo.

Segunda. Supongamos que una de las ecuaciones $S_h=0$ tienen raíces iguales, por ejemplo:

$$S_h = \left(S'_h\right)^q . S''_h = 0,$$

siendo $S'_h=0$ y $S''_h=0$ ecuaciones irreducibles sin raíces iguales. Lo que digamos de este caso diríamos de otro cualquiera análogo, ya para ésta, ya para varias ecuaciones (S) en iguales condiciones.

Es preciso modificar ligeramente el procedimiento en esta nueva hipótesis.

La ecuación $\Psi=0$, á que se aplica la relación de Hermite, no será

$$\Psi . S_2 . S_3 . S_4 \ldots S_h \ldots S_p = \Psi . S_2 . S_3 \ldots \left(S'_h\right)^q S''_h \ldots S_p = 0,$$

sino esta otra,

$$\psi . S_2 . S_3 \ldots S'_h . S''_h \ldots S_p = \Psi = 0, \quad (6)$$

que tiene las mismas raíces que la anterior, pero que sólo contiene una vez cada una de las raíces de $S'_h=0$, en vez de contenerlas q veces.

El método de demostración es idéntico al ya empleado.

Se aplicará la ecuación general de Hermite

$$e^{z_k} m^i_k = e^{z_k} u^i_o - u^i_k$$

á cada una de las raíces de las ecuaciones irreducibles

$$\psi=0,\ S_2=0,\ S_3=0, \ldots S'_h=0,\ S''_h=0 \ldots S_p=0$$

respecto al índice k, dejando *i* indeterminado, pero repitiendo *q* veces las ecuaciones relativas á las raíces de $S'_h = 0$; después se sumarán por grupos, de suerte que cada Σ comprenda los términos correspondientes á cada una de las ecuaciones

$$\psi = 0,\ S_2 = 0,\ S_3 = 0 \ldots\ S_h = 0 \ldots\ S_p = 0;$$

y así obtendremos una ecuación idéntica á la (3'').

Por último, haremos variar el índice *i* de suerte que corresponda á las raíces de la nueva ecuación $\Psi = 0$ (6), cuidando de repetir *q* veces la que se refiera á una de las raíces iguales. De esta manera obtendremos un cuadro de la misma forma que el (4), sin más que estas diferencias: 1.ª, que cada término $N_h \Sigma u^i_{(Z_h)}$ en rigor será de esta forma

$$N_h \left(q \Sigma u^i_{(Z'_h)} + \Sigma u^i_{(Z''_h)} \right)$$

refiriéndose la primera *sigma* á los términos correspondientes á las raíces sencillas de $S'_h = 0$ y la segunda á las de $S''_h = 0$; y 2.ª que cada ecuación, correspondiente á un valor de *i*, propio de una raíz múltiple, estará repetida *q* veces: habrá, pues, *q* grupos iguales.

Todo lo demás es repetición del método general.

Al formar la determinante del grupo (4), de los *q* grupos iguales, sólo se tomará uno, con lo cual se disminuirá el número de horizontales; pero en cambio se disminuirá en otro tanto el de verticales, porque el término correspondiente á $S_h = 0$, ya hemos visto que puede ponerse bajo la forma

$$N_h \left(q \Sigma u^i_{(Z'_h)} + \Sigma u^i_{(Z''_h)} \right)$$

para cada valor de *i*.

La matriz de las *u* distintas, siempre será cuadrada,

y cada u sólo entrará una vez en cada horizontal por relación al subíndice

El resto de la demostración será, pues, el del caso general.

Tercera. Supongamos que algunos de los factores irreducibles de las ecuaciones

$$\psi = 0,\ S_2 = 0,\ S_3 = 0,\ S_4 = 0.....$$

sean iguales. Esto es lo mismo que suponer iguales dos raíces del grupo (2), porque dos ecuaciones irreducibles que tienen una raíz común son idénticas.

Supongamos, para fijar las ideas, que S_h, S_k y S_l tienen un mismo factor irreducible $S'_h = S'_k = S'_l$: es decir, que

$$S_h = S'_h . S''_h\ ;\ S_k = S'_k . S''_k\ ;\ S_l = S'_l . S''_l\ ;$$

ó, lo que es igual, que

$$S_h = S'_h\, S''_h\ ;\ S_k = S'_h\, S''_k\ ;\ S_l = S'_h\, S''_l\ .$$

El método es enteramente igual al anterior: en vez de la ecuación

$$\psi . S_2 . S_3 ..... S_h . S_k . S_l ..... S_p = \Psi,$$

es decir de

$$\psi . S_2 ..... S'_h . S''_h ..... S'_k . S''_k ..... S'_l . S''_l ..... S_p = \Psi,$$

que tiene raíces repetidas, lo cual impide que la relación $Z_h - Z_k = 0$ sea absurda, se forma la ecuación de raíces desiguales:

$$\psi . S_2 . S_3 ..... S'_h ..... S''_h ..... S''_k ..... S''_l ..... S_p = \Psi.$$

Esto supuesto, se aplica el teorema de Hermite á todas las raíces de ψ y se suman los resultados; á todas las raíces

de S_2 y se suman también; y así sucesivamente á S_3, S_4..., cuidando de sumar las ecuaciones que resulten de las raíces de $S'_h=0$, *primero* á los de $S''_h=0$, en *segundo* lugar á los de $S''_k=0$, y en *tercer* lugar á los de $S''_l=0$, con lo cual obtendremos una ecuación idéntica á la (3'').

Al variar el índice i para todas las raíces de la nueva $\Psi=0$ repetiremos tres veces cada ecuación que proceda de valores de i correspondientes á las raíces $S'_h=0$.

El resto de la demostración será idéntico al de la demostración principal; y, al deducir la determinante de las u, observaremos que, tanto como se reduce el número de horizontales por prescindir de valores iguales de i, se reducen las u por cada horizontal, porque los tres grupos

$$N_h \sum u^i_{(Z_h)}{}' + N_k \sum u^i_{(Z_k)}{}' + N_l \sum u^i_{(Z_l)}{}'$$

se reducen á uno sólo

$$\left(N_h + N_k + N_l\right) \sum u^i_{(Z_h)}{}'$$

El método se aplicaría del mismo modo si alguna de las Z fuese nula.

CONCLUSIÓN.

Imposibilidad de la cuadratura del círculo con la regla y el compás.

Formemos con e^{z_1}, e^{z_2}, e^{z_3}..... e^{z_p}, siendo $z_1, z_2, z_3 \ldots\ldots z_p$ las raíces de una ecuación irreducible

$$z^p + b_1 z^{p-1} + b_2 z^{p-2} + \ldots\ldots b_p = 0,$$

la ecuación

$$V^p - M_1 V^{p-1} + M_2 V^{p-2} - M_3 V^{p-3} + \ldots\ldots \pm M_p = 0,$$

Tendremos evidentemente:

$$M_1 = e^{z_1} + e^{z_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \Sigma e^{z_k}$$

$$M_2 = e^{z_1 + z_2} + e^{z_1 + z_3} + \ldots\ldots\ldots = \Sigma e^{z_1 + z_2} = \Sigma e^{Z_2}$$

$$M_3 = e^{z_1 + z_2 + z_3} + e^{z_1 + z_2 + z_4} + \ldots\ldots = \Sigma e^{z_1 + z_2 + z_3} = \Sigma e^{Z_3}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$M_p = e^{z_1} \times e^{z_2} \times e^{z_3} \ldots\ldots\ldots = e^{z_1 + z_2 + z_3 + \ldots\ldots\ldots z_p} = e^{Z_p}.$$

De donde

$$V^p - \Sigma e^{z_k} \cdot V^{p-1} + \Sigma e^{Z_2} \cdot V^{p-2} + \ldots + e^{Z_p} = 0 \qquad (V).$$

Si $\pi\sqrt{-1}$ pudiese ser raíz de una ecuación irreducible de coeficientes enteros

$$z^p + b_1 z^{p-1} + b_2 z^{p-1} + \ldots\ldots + b_p = 0,$$

formando con $\pi\sqrt{-1}$, que sería una de las z, y con las restantes la ecuación (V), y poniendo en vez de V una de las raíces $e^{\pi\sqrt{-1}}$ de (V) tendríamos, puesto que $e^{\pi\sqrt{-1}} = -1$,

$$(-1)^p - (-1)^{p-1} \Sigma e^{z_k} + (-1)^{p-2} \Sigma e^{z_2} + \ldots\ldots e^{Z_p} = 0:$$

es decir, una relación lineal de coeficientes enteros entre Σe^{z_k}, Σe^{z_2}, Σe^{z_3} .....: lo cual hemos demostrado que es imposible.

Luego $\pi\sqrt{-1}$ no puede ser raíz de una ecuación irreducible de coeficientes enteros, en que el primer miembro tenga por coeficiente la unidad.

Esto puede generalizarse: tampoco puede ser $\pi\sqrt{-1}$ raíz de una ecuación irreducible de coeficientes racionales, ó lo que es lo igual de coeficientes enteros de esta forma

$$b_0 z^p + b_1 z^{p-1} + b_2 z^{p-2} + \ldots + b_p = 0. \qquad (b)$$

En efecto, haciendo $z = \frac{y}{b_0}$, tendremos:

$$\frac{y^p}{b_0^{p-1}} + b_1 \frac{y^{p-1}}{b_0^{p-1}} + b_2 \frac{y^{p-2}}{b_0^{p-2}} \ldots + b_p = 0,$$

ecuación que evidentemente es también irreducible; ó bien

$$y^p + b_1 y^{p-1} + b_2 b_0 y^{p-2} \ldots + b_p b_0^{p-1} = 0. \qquad (b')$$

Si la ecuación (b) tuviese una raíz $\pi\sqrt{-1}$, la ecuación (b') tendría una raíz $y = b_0 z = b_0 \pi\sqrt{-1}$.

Aplicando á (b') el método anterior, y observando que $e^{b_0\pi\sqrt{-1}} = \pm 1$, puesto que b_0 es un número entero, llegaríamos al mismo absurdo que antes; á saber, á una relación lineal entre Σe^{y}, Σe^{Y_2}, Σe^{Y_3} .....

Luego $\pi\sqrt{-1}$ *no puede ser raiz de una ecuación de coeficientes racionales.*

Mas aun: π no puede ser raíz de una ecuación cualquiera, que siempre podemos suponer irreducible, descomponiéndola en irreducibles y tomando aquella que contenga $(z - \pi)$.

En efecto, si π es raíz de la ecuación irreducible

$$c_0 z^p + c_1 z^{p-1} + c_2 z^{p-2} + c_3 z^{p-3} + \ldots c_p = 0, \qquad (Z)$$

poniendo $z = \frac{y}{\sqrt{-1}}$, tendríamos

$$c_0 \frac{y^p}{(\sqrt{-1})^p} + c_1 \frac{y^{p-1}}{(\sqrt{-1})^{p-1}} + c_2 \frac{y^{p-2}}{(\sqrt{-1})^{p-2}} + \ldots + c_p = 0: \quad (Y)$$

ecuación que es evidentemente de la forma

$$d_0 y^p + d_1 y^{p-1} + d_2 y^{p-2} + \ldots d_p = 0,$$

con coeficientes del tipo $\alpha + \beta\sqrt{-1}$.

Pero si π es raíz de (Z),

$$y = z\sqrt{-1} = \pi\sqrt{-1}$$

será raíz de Y, lo cual hemos probado que es imposible.

Observación. Lindemann dice en el *Comptes-rendus* que no sólo es imposible la relación

$$N_0 + N_1\Sigma e^{Z_k} + N_2\Sigma e^{Z_2} + N_3\Sigma e^{Z_3} + \ldots\ldots + N_p\Sigma e^{Z_p} = 0 \qquad (1)$$

cuando N_0, N_1, N_2 ..... N_p son números enteros, sino cuando son irracionales algebráicos, es decir, raíces de ecuaciones irreducibles

$$\left.\begin{array}{l} t_0^n + B_1 t_0^{n-1} + B_2 t_0^{n-2} + \ldots\ldots \\ t_1^{n'} + B'_1 t_1^{n'-1} + B'_2 t_1^{n'-2} + \ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} (B)$$

siendo B_1, B_2 ..... B'_1, B'_2 ..... números enteros.

Me parece que podría esto demostrarse como sigue:

Supongamos que se llega á la ecuación

$$\omega^{P+1} + A_1\omega^P + A_2\omega^{P-1} + \ldots\ldots = 0. \qquad (\omega)$$

Los coeficientes A_1, A_2, A_3 ..... son funciones enteras de grados diversos de N_0, N_1, N_2, N_3 ..... y de coeficientes enteros formados por combinaciones de los coeficientes de $\Psi = 0$. Esto último es evidente, puesto que son funciones simétricas de z_1, z_2, z_3 ..... z_p.

Consideremos el sistema formado por la ecuación (ω) y por el grupo B, poniendo en vez de t_0 la raiz N_0 de la primera ecuación de (B); en vez de t_1 la raíz N_1 de la segunda ecuación; y así sucesivamente.

Tendremos:

$$\begin{array}{l} \omega^{P+1} + A_1\omega^P + A_2\omega^{P-1} + \ldots\ldots = 0, \\ N_0^n + B_1 N_0^{n-1} + B_2 N_0^{n-2} + \ldots\ldots = 0, \\ N_1^{n'} + B'_1 N_1^{n'-1} + B'_2 N_1^{n'-2} + \ldots\ldots = 0, \\ N_2^{n''} + B''_1 N_2^{n''-1} + B''_2 N_2^{n''-2} + \ldots\ldots = 0. \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}$$

Supongamos que entre todas estas ecuaciones se eliminan N_0, N_1, N_2 .....: resultará una ecuación en ω de grado muy superior al P+1, porque ha de expresar todas las ecuaciones que resultarían de diversas combinaciones de las demás raíces del grupo (B) y no sólo la expresada en (ω), que corresponde á la expresión lineal (1). Dicho grado será (P + 1).n.n'.n''... =Q, y su forma

$$C_0\omega^Q + C_1\omega^{Q-1} + \ldots\ldots + C_{Q-3}\omega^3 + C_{Q-2}\omega^2 + C_{Q-1}\omega + C_Q = 0 \quad (C)$$

en la cual C_0, C_1, C_2, C_3 ..... son números enteros, porque se obtienen por el método de las funciones simétricas de las raíces comunes al grupo (B).

Ahora bien, como uno de los grupos de raíces t_0, t_1, t_2... es precisamente N_1, N_2, N_3 ....., la ecuación (C) puede suponerse descompuesta de este modo:

$$\left[C_0\omega^{Q-P-1} + D_1\omega^{Q-P-2} + \ldots + D_{Q-P-3}\omega^2 + D_{Q-P-2}\omega + D_{Q-P-1}\right]$$
$$\times\left[\omega^{P-1} + A_1\omega^P + \ldots + A_{P-2}\omega^3 + A_{P-1}\omega^2 + A_P\omega + A_{P+1}\right] = 0;$$

ó representando los coeficientes finales por notaciones más sencillas, para simplificar,

$$\left[C_0\omega^{Q-P-1} + \ldots\ldots + d_3\omega^3 + d_2\omega^2 + d_1\omega + d_0\right]\times$$
$$\left[\omega^{P-1} + \ldots\ldots a_3\omega^3 + a_2\omega^2 + a_1\omega + a_0\right] = 0.$$

Efectuando el producto tendremos:

$$C_0\omega^Q + \ldots\ldots \left|\begin{array}{l} + a_3d_0 \\ + a_2d_1 \\ + a_1d_2 \\ + a_0d_3 \end{array}\right| \omega^3 \left|\begin{array}{l} + a_2d_0 \\ + a_1d_1 \\ + a_0d_2 \end{array}\right| \omega^2 \left|\begin{array}{l} + a_1d_0 \\ + a_0d_1 \end{array}\right| \omega + d_0a_0 = 0.$$

Comparando esta ecuación con la (C), solo distinta de ellas por la forma, resultará:

$$
\begin{aligned}
C_{Q} &= d_0 A_{P+1} \\
C_{Q-1} &= d_0 A_{P} + d_1 A_{P+1} \\
C_{Q-2} &= d_0 A_{P-1} + d_1 A_{P} + d_2 A_{P+1} \\
C_{Q-3} &= d_0 A_{P-2} + d_1 A_{P-1} + d_2 A_{P} + d_5 A_{P+1} \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots
\end{aligned}
$$

Pero, á medida que *m* crece, las P raíces de la ecuación ω tienden hacia *cero:* luego los P últimos términos de (C) tenderán hacia cero también para que (C) contenga, ó tienda á contener, P raíces nulas. De aquí se deduce que

$$C_{Q},\ C_{Q-1},\ C_{Q-2} \ldots\ldots C_{Q-(P-1)}$$

tienden indefinidamente hacia cero; pero *son enteros*, luego son rigorosamente nulos. Por lo tanto, tendremos sucesivamente

$$A_{P+1} = 0,\ A_{P} = 0,\ A_{P-1} = 0 \ldots..$$

como en el caso en que N_0, N_1, N_2, ... eran enteros.

En la *discusión* para examinar el caso en que d_0 ó d_1 etc., sean nulas no parece necesario detenerse después de cuanto sobre la materia queda expuesto, y porque además sólo se trata de *indicar* un método posible de demostración, sin penetrar en el fondo del problema.

José Echegaray.

CIENCIAS NATURALES.

EL RAMIO.

Memoria publicada por el Instituto de Fomento del Trabajo Nacional, *de Barcelona, y á instancia del mismo reproducida en esta* Revista, *por acuerdo de la* Academia.

La Junta Directiva del *Instituto de Fomento del Trabajo Nacional*, atenta siempre á cuanto pueda favorecer el desarrollo de la producción y de la riqueza en nuestra patria, acordó, á propuesta del Vocal de la misma, Sr. D. Ginés Vehil, nombrar una Comisión que se ocupase en estudiar los medios de fomentar en España el cultivo y la explotación industrial del *Ramio*, planta textil importantísima, que los franceses llaman *Ramié* y los ingleses *China-gras*, la cual ha empezado ya á cultivarse con éxito en Cataluña y en algunos otros puntos.

Acordó asimismo dicha Junta invitar á la del *Instituto Agrícola Catalán de San Isidro*, para que nombrase delegados de su seno, que, unidos á los designados por el de *Fomento*, constituyeran la Comisión mixta que había de ocuparse en tan importante asunto.

Resultado de los trabajos de esta Comisión es, entre otros que están en vías de ejecución, el acuerdo de publicar la Memoria presentada á la misma por el Sr. Vehil, que á continuación se inserta.

MEMORIA

sobre el cultivo y la explotación industrial del RAMIO, *que presenta D. Ginés Vehil á la Comisión nombrada por las Direcciones de las Sociedades* Instituto de Fomento del Trabajo Nacional *é* Instituto Agrícola Catalán de San Isidro, *para el estudio de dichos puntos y proponer los medios conducentes á su desarrollo.*

Siglos hace que los chinos cultivan y explotan esta planta textil, aunque por procedimientos sumamente atrasados, siendo los tejidos traídos á Europa como si fueran de seda, por más que sea ramio todo ó parte del hilo empleado en ellos.

Los ingleses fueron los primeros en tener noticias de esta planta, en tanto que hace unos 50 años trajeron fibras que hilaron y tejieron en Inglaterra, al propio tiempo que por medio de raíces, tallos y semillas ensayaron con buen éxito el cultivo en la India; pero en la explotación industrial tropezaron con el inconveniente de la operación de descortezar, hecha á mano por los chinos; pues este procedimiento resulta muy costoso en Europa, especialmente cuando ha de verificarse en cantidades bastantes para alimentar una importante industria.

Así, pues, llevados de un espíritu práctico, los ingleses ofrecieron premios á los que inventasen máquinas que descortezaran bien los tallos; pero no dió resultado el llamamiento, ya que ninguna de las máquinas presentadas reunía las condiciones necesarias, objeto que no se logró tampoco después que por segunda vez se hubo apelado á este medio.

Con posterioridad se ensayó también el cultivo del ramio en Italia, Alemania, Portugal, Francia y España; pero no se pudo lograr notable desarrollo en sus aplicaciones por falta de máquina de descortezar, aun cuando comprendiesen los agricultores y los industriales de dichos países el buen resultado que podían obtener en este ramo de producción.

Sin embargo, últimamente la dificultad ha sido vencida, pues en Francia se han inventado máquinas que separan per-

fectamente la fibra de la corteza. y además algunos químicos han empleado con éxito procedimientos para segregarla enteramente de la parte grasa que á la fibra está adherida; y esto ha hecho que en tres años se hayan montado en Francia algunas fábricas para la hilatura del ramio, y se estén instalando otros establecimientos para las diferentes aplicaciones de que la fibra es susceptible.

Ventajas para la agricultura española.

Son indisputables las que ofrece á los agricultores la planta del ramio, pues se desarrolla bien en todos los terrenos y mejor en los flojos, á los que puedan darse riegos ligeros; habiendo también quienes opinan que crece en terrenos de secano, y citan el ejemplo de plantaciones en los alrededores de París, cuya existencia se explique tal vez por la humedad de aquel clima.

Del ramio se conocen dos clases de plantas: una tiene enteramente verdes las hojas; en la otra es verde la parte superior de las hojas y blanca la inferior: de ellas es siempre preferible la primera.

La plantación tiene en Europa una vida de 10 á 15 años, siendo mucho más prolongada en América, y en general en los países cálidos, donde aseguran algunos que llega á ciento. Da ya producto el primer año, aumentando gradualmente en el segundo y tercero, hasta que en el cuarto entra la planta en su vida normal con la plenitud de su fuerza productora. Es de advertir que, si bien ofrecen para el ramio mejores condiciones los climas calientes, no impide esta circunstancia su explotación en países fríos, ya que llega á resistir una temperatura de 16 grados bajo cero.

En los países donde una temperatura de 16 grados sobre cero permanece desde Marzo á Noviembre, puede el ramio dar tres cosechas ó cortes; en los que tienen dicha temperatura durante tres meses, da dos cosechas; y una sola en las comarcas donde el invierno se anticipa y tiene mayor duración.

Puede calcularse, por lo mismo, que dos cosechas son el

término medio de la producción del ramio. En las tierras que las dan, se sacan por hectárea 18.000 kilogs. de tallos secos, de los que se extrae un diez y nueve por ciento de fibra, que se vende á 125 francos los 100 kilogs., dejando al agricultor un beneficio, por hectárea de terreno, de unas 1.000 pesetas, libres de todo gasto é interés.

A estas ventajas añádese otra de carácter general: y es que para el cultivo y limpieza del ramio no se necesitan balsas ó charcos de agua, que en los cultivos del lino y cáñamo pueden perjudicar á la salud pública.

Ventajas para la industria.

En este orden de ideas conviene partir de los siguientes datos sobre la resistencia, elasticidad y peso de varias materias textiles:

	Ramio.	Cáñamo.	Lino.	Seda.	Algodón.
Resistencia á la tracción.	100	36	25	13	12
Elasticidad.	100	75	66	400	100

Peso en igualdad de grueso. { 300 yardas en lino y cáñamo pesan tanto como 560 de ramio y 840 de algodón.

Ahora bien: teniendo el ramio triple y cuádruple resistencia en casi sólo la mitad de peso, y más elasticidad, y siendo además su coste, en la actualidad, inferior al del lino y cáñamo, no es aventurado suponer que la victoria será para el primero el día en que la agricultura proporcione materia bastante para la fabricación en grande escala. Concurren también á favor del ramio, la mayor baratura de su precio con relación á la seda y lana, y el que aun tan fácilmente como estas materias toma el blanco perfecto y todos los colores, inclusos los de anilina, y aun las apariencias de las mismas por medio de ciertas manipulaciones industriales, como pudo verse en la Exposición de productos de ramio celebrada en Avignon en 1882; pues en ella se presentaron fibras en bruto y otras tratadas químicamente para asimilarlas á la seda,

lana y al lino; cuerdas cuya resistencia es doble que la del mejor cáñamo; telas desde las más inferiores para el servicio doméstico, hasta la servilleta adamascada y la batista fina. Asimismo se exhibieron telas con mezcla de ramio; géneros para vestidos, y una completa colección de hilos imitando seda, de todos los tipos de color y de variada finura, y otros imitando lana, qne contenían de 30 á 50 por 100 de ramio, con ricos colores; satén, imitación de sedas y de moaré; medias, forros, pasamanería y otros artículos, siendo sus precios bastante bajos para llamar la atención por su económico coste.

Tal es el ancho campo que se abre á la Industria, y el consumo sin límites que puede encontrar la Agricultura.

No hablo de la competencia que con el tiempo hará al algodón; hoy por hoy no puede hacérsela, porque aunque ocho veces más fuerte, y tan elástico y tan barato en su compra, hay la desventaja del peso que le hace salir casi á doble precio: la competencia al algodón queda para cuando el cultivo del ramio se haya extendido en todas las partes del mundo en grande escala: no obstante, puede con ventaja ya hoy aplicarse el ramio á los números de 100 en adelante, pues ya este producto es mucho más barato que los algodones que para dichos números se emplean, y reune condiciones superiores á los mismos, como mayor finura y fuerza en su fibra, siendo además éstas de 8 pulgadas de largo, sin nudos ni añadiduras ni cortes en toda ella.

En uno de los escritos que he consultado, se dice: que las fibras del ramio se emplean para la confección de telas análogas á las del lino y del cáñamo, y para los tejidos similares á los de algodón, lana y seda, y según á lo que se destina, se somete la fibra á la acción de peines ó de cardas, y se añade que las máquinas que peinan el lino y el cáñamo se emplean también con buen éxito para el ramio. Cuando éste se aplica para fabricar tejidos de mezcla con lana ó seda, el peinado ó cardado se practica siguiendo el mismo procedimiento que para la lana y la borra de seda, cuyos aparatos construyen en Inglaterra los Sres. Greenwods y Bakey, de Leeds; y para colonizar el ramio se emplea con el mismo éxito la maquinaria empleada para el algodón.

En Inglaterra y Francia hay varias fábricas de hilados de ramio, y el precio de los hilados que se cotiza en Bradford es de 7 á 17 pesetas el kilogramo por los números 10 al 90.

Puntos de España en donde se cultiva el Ramio.

D. Juan de Dios Tovar, de Mérida, provincia de Badajoz.

En Torroella de Montgrí:

D. Baldomero Mascart, Comisario Regio de Agricultura; D. Juan Payos; D. Antonio Devant Riera; D. Narciso Bataller; D. Antonio Negre; D. Alberto de Quintana; D. Ramón Boy, y no sé si otros.

También se ensayó en las Baleares; pero como por causa de la ley de filoxera no pudieron importar raíces, ensayaron semillas, y está probado que esto no da resultado.

En Orihuela estaban haciendo trabajos para procurarse raíces.

En Granada hubo reuniones para tratar de lo mismo.

Otros puntos de Europa.

En Portugal se calcula que pasan ya de un millón las plantas que van viviendo.

También en Egipto y Argelia se propaga esta planta.

En Méjico se cultiva por orden del Gobierno.

En los Estados Unidos y también en Cuba y Puerto Rico se han hecho plantaciones,

Máquinas para el descortezado.

Una de Laberie y Berthed, de París, en explotación por una Compañía, cuya razón social es: «Compañía Industrial de la Ramié», con domicilio en Paris, rue Lepelletier, 32.

Otra de Mr. Billion, de Marsella, y

Otra de Mr. Pierre Auguste Fabier, explotada por una sociedad anónima, con capital de un millón de francos, titulada «La Ramié française», domiciliada en Avignon y dirigida por el mismo Fabier.

La máquina de Billion, de Marsella, no está en explotación por haber sido embargada por Mr. Fabier por usurpación de privilegio, pero del pleito seguido, que ha terminado hace pocos días, ha salido triunfante el Sr. Billión, y por lo mismo dentro de poco sabremos los efectos de su máquina, que dicen es la que da mejores resultados.

La primera y la tercera de las citadas máquinas tienen privilegio en España por 20 años.

El sistema puesto en práctica por Mr. Fabier para la explotación de sus máquinas es de una gravedad tal para los intereses españoles, que me obliga á llamar seriamente la atención de esa Comisión y de la Junta Directiva á fin de que ésta, con los medios de que pueda disponer, evite el que nuestra agricultura se explote por extranjeros, y que nuestra industria se halle privada de útilizar los inmensos recursos que nuestro suelo puede ofrecer.

El Sr. Fabier no busca el beneficio de su invento vendiendo sus máquinas: el Sr. Fabier compra los tallos del ramio, los reduce á fibra, y los vende después á los industriales, obteniendo por este medio asombrosos beneficios, que algunos hacen pasar de 100 por 100.

El Sr. Fabier ofrece á los agricultores raíces de planta á cobrar con productos de la misma planta, y les asegura la compra de todas las cosechas que obtengan durante un número dado de años á un precio que les deje 1.000 pesetas por hectárea de beneficio líquido.

Este sistema lo practica ya Mr. Fabier en España, y si bien por este medio se logrará la plantación más rápida del ramio, no puede, á mi humilde entender, convenir á los intereses del Gobierno, ni á los del comercio, ni á los de la industria, como tampoco á los de la misma agricultura, que un producto de tal importancia para nuestro país se halle monopolizado y explotado por una potencia extranjera.

Ya que indico el mal, creo de mi deber indicar los medios que á mi pobre entender podrían evitarlo.

1.º Puestas de acuerdo las importantísimas asociaciones *Instituto de Fomento del Trabajo Nacional* é *Instituto Agrícola Catalán de San Isidro*, podrían pedir y creo obtener de las

municipalidades de Barcelona y de todas las poblaciones que tengan jardines públicos, que en ellos, como se ha hecho en Perpignan y otros puntos de Francia, se formaran criaderos de ramio, para dar gratis á los agricultores raíces y tallos para la propagación de dicho cultivo, teniendo presente que la época para la plantación es el mes de Marzo, que si se activase ya podría empezarse en este mismo año, lo cual sería un adelanto considerable.

2.° Al mismo tiempo, las mentadas sociedades podrían reclamar del Gobierno alguna modificación en la ley de la filoxera, á fin de que, con las precauciones necesarias, pudiesen traerse raíces de ramio de Argelia, Egipto y demás puntos en que no hay filoxera.

3.° Procurarse noticias del estado en que se halla en España la plantación del ramio, pidiéndolas al Gobierno, Diputaciones provinciales y Sociedades dedicadas al fomento de los intereses del país.

4.° Mandar al extranjero algunos ingenieros que estudien durante seis meses la situación y progresos del ramio en sus aspectos agrícola, industrial y mercantil, dando noticias cada semana de los progresos que en sus investigaciones hagan.

5.° Y, finalmente, las mismas Corporaciones podrían iniciar bajo sus poderosos auspicios la formación de una Sociedad, que con el capital necesario pudiese establecer en España máquinas para descortezar, y al mismo tiempo facilitar á los agricultores raíces y noticias científicas del cultivo, comprándoles de antemano los productos que puedan obtener, cuya Sociedad podría funcionar durante unos diez años, que es el tiempo suficiente para que la iniciativa individual se haga cargo para lo sucesivo de la parte tanto agrícola como industrial del ramio.

Creo que los medios propuestos darían por resultados inmediatos el evitar que nuestra riqueza caiga en manos extranjeras, que el plantío y explotación del ramio crecerían de un modo rápido, se daría nuevo y valioso elemento á la industria y al comercio, y se aseguraría más la independencia del país que con torpedos y acorazados.

Barcelona 4 de Febrero de 1886.

AMPLIACIÓN

de las bases del proyecto presentado á la Comision nombrada por los Institutos de Fomento del Trabajo Nacional *y* Agrícola Catalán de San Isidro *para el más pronto y beneficioso establecimiento del* RAMIO *en sus manifestaciones agrícola é industrial.*

1.ª Redactar y mandar imprimir una Memoria que, en lenguaje sencillo y al alcance de las personas puramente prácticas, ponga de manifiesto la facilidad de aclimatación y cultivo de dicho precioso textil, así como los grandes rendimientos que ofrece á los terrenos que á tan productiva planta se dediquen, al mismo tiempo que el inmenso campo que abre á la industria por las infinitas aplicaciones que de su fibra pueden hacerse.

2.ª Repartir dicha Memoria á todos los señores socios de los dos referidos *Institutos;*

al Gobierno de S. M.;

á las Direcciones generales;

á los Sres. Senadores y Diputados;

á los Gobernadores civiles;

á las Diputaciones provinciales;

á las Sociedades Económicas;

á la Prensa periódica; y á todas las demás personas y entidades que se crea conveniente.

3.ª Llamar por medio de anuncios en los periódicos á los agricultores que hayan practicado ensayos más ó menos importantes en la aclimatación y cultivo del ramio, á fin de que ilustren á esta Comisión, y se pongan, si gustan, en inmediata relación con la misma.

4.ª Invitar á los ingenieros á que dediquen su actividad y su inteligencia al cultivo y trasformación del ramio, y á los fabricantes que tienen empleados en sus casas ingenieros industriales, que los estimulen para que se dediquen al estudio y práctica de tan importante industria, con el fin de perfeccionarla en cuanto sea posible.

5.ª Invitar á todos los constructores de máquinas, ingenieros, etc., que hayan construído, ó tengan en construcción ó en estudio alguna máquina para el descortezado del ramio, lo participen á esta Comisión, dando noticia á la misma de sus nombres y domicilios.

6.ª Invitar, por los medios que se estimen procedentes, á todos los socios de los dos repetidos Institutos y á todas las personas y entidades á quienes pueda interesar el pronto plantío y fabricación del ramio en España, á tomar participación en la Sociedad que se proyecta organizar bajo los auspicios de las repetidas Corporaciones.

Será objeto de dicha Sociedad:

1.º La creación de viveros, que faciliten tener á disposición de los agricultores gran número de plantas, á fin de que el cultivo de las mismas pueda extenderse con gran rapidez.

2.º Entrega de las plantas á los agricultores á precio bajo y á cobrar con el producto de sus cosechas.

3.º Garantía á los agricultores de la compra de sus cosechas á precios sumamente ventajosos para ellos.

4.º Compra y establecimiento de las máquinas de descortezar que se vayan necesitando á medida que vaya aumentando la producción de tallos, á fin de poder vender á los industriales la fibra del ramio en disposición ya de entregarla en seguida á la filatura y operaciones subsiguientes.

La especie á que haya de pertenecer la Sociedad en proyecto, su capital, sus estatutos y reglamentos, su denominación ó razón social, así como la elección del personal que se encargará de la Dirección y administración de la misma, lo acordarán los señores socios cuando se reunan en junta general á los efectos expresados.

7.ª Formada y constituída la Sociedad referida, cesará en sus funciones esta Comisión por haber cumplido su cometido, pasando los trabajos practicados y noticias adquiridas á la Dirección de la repetida Sociedad, pues á ella corresponderá en lo sucesivo la conclusión, en bien del país y de todos los interesados en la misma, del patriótico trabajo con tanto celo

iniciado por los señores socios del *Instituto de Fomento del Trabajo Nacional* y los del *Instituto Agrícola Catalán de San Isidro*.

Barcelona 4 de Febrero 1886.

VARIEDADES.

Sobre la lluvia de estrellas fugaces del 27 de Noviembre de 1885.—Entre las varias y muy interesantes disertaciones, publicadas recientemente en el extranjero con motivo de la aparente copiosa lluvia de estrellas fugaces, ocurrida en las últimas horas de la tarde y primeras de la noche del 27 de Noviembre último, digna de conocerse y divulgarse es muy en particular la leída ante el *Instituto Lombardo*, en su sesión del 10 de Diciembre, por el célebre astrónomo Sr. Schiapparelli, Director del Observatorio de Milán, y autoridad de gran respeto en la materia de que trata. Por la enseñanza que encierra, á pesar de su meditada brevedad, y por el tono prudente y la gravedad científica de su redacción, desde que pasamos por ella los ojos nos pareció que convenía verterla al castellano, prescindiendo de su primera parte, ó párrafos de introducción: resumen sucinto de los hechos observados en Italia, que en los siguientes se trata de explicar ó interpretar, y que sólo por los detalles difieren de los advertidos en España, ya consignados también compendiosamente en el número anterior de esta Revista. Perdónenos el ilustre astrónomo y escritor italiano si hemos osado poner mano en su obra, desluciéndola miserablemente, tanto por impericia, cuanto por el afán de adaptarla en algunos pasajes, mediante la adición de alguna que otra frase ó cláusula aclaratoria, á la mejor ó más rápida comprensión de los lectores españoles. Y no atribuyan éstos los defectos de estilo que en la copia advirtieren á incorrecciones del original, cuyo sentido solamente, ya que no la letra, por imposible, hemos procurado conservar sin la menor variante. Dice, pues, salvo la materialidad de la palabra, el Sr. Schiapparelli como sigue:

....

.....

a—La comparación de las observaciones que acaban de verificarse con otras más antiguas permite establecer algunas conclusiones importantes, y sugiere diversas conjeturas, cuya certidumbre debe tratar de comprobarse en tiempos venideros.

De que el fenómeno de que hablamos sea periódico, y producido por la misma causa que dió origen á la copiosa lluvia meteórica del 27 de Noviembre de 1872, no puede, por de pronto, quedar duda ninguna. En aquel año la *longitud* del punto ocupado en el espacio por el centro de la Tierra, en el momento presunto, ó más probable, de la máxima intensidad de la lluvia de estrellas, era de 66°, y de 65° se ha concluído que lo fué en 1885: pequeña diferencia que puede atribuirse á la incertidumbre inevitable en la determinación ó definición de aquel momento crítico; y que en parte también puede achacarse al movimiento de retrogradación de los nodos de la órbita meteórica, que poco más adelante procuraremos cerciorarnos de que realmente se verifica. Y la posición del *radiante*, hasta donde cabe inferirla del conjunto de observaciones que nos son á estas fechas conocidas, coincidía en 1885 con la determinada en 1872. Los caracteres físicos de los meteoros también parece que fueron los mismos en ambos casos; y, según declaran los observadores, testigos de una y otra lluvia, comparables fueron éstas asimismo por su intensidad. El profesor Denza, sin embargo, califica de algo más nutrida y espléndida la que acaba de verificarse que su precursora de 13 años atrás.

No siendo anual la reproducción periódica de estas lluvias de estrellas fugaces (como lo es la de las llamadas *Perseídes*, ó cuyo foco aparente de emisión corresponde á la constelación de *Perseo*, observables hacia el 10 de Agosto), estamos en caso análogo al de la presentación de las denominadas *Leonídes* (13 de Noviembre, cada 33 ó 34 años); y debemos suponerlas procedentes de un anillo meteórico, todavía incompleto ó no cerrado, ó del cual sólo muy pequeña parte se halla á estas fechas ocupada por la nube ó enjambre de corpúsculos, productores de aquellas estrellas, ó simples ráfagas luminosas, al penetrar é inflamarse en la atmósfera terrestre. Lo demás del anillo, si no está absolutamente desprovisto de tales corpúsculos, debe considerarse ocupado por número relativamente pequeño de los mismos: de donde, en este supuesto, procederían las débiles radiaciones meteóricas que, por acaso, se han manifestado en el transcurso de los últimos años, á fines de Noviembre ó en los comienzos de Diciembre, como si también emanasen de los alrededores de la estrella γ de Andrómeda.

El tiempo de la revolución, al rededor del Sol, de la corriente meteórica, productora de tan sorprendentes manifestaciones, no debe discrepar mucho de 13 años, ó de algún submúltiplo de 13, á juzgar por lo que las observaciones del 1885, cotejadas con las de 1872, nos revelan. Pero la circunstancia bien probada de que *radiante* y *nodo* de esta corriente son idénticos, dentro de los límites de certidumbre que en asunto tan complicado y vago pueden señalarse, con los del cometa de Biela (suponiendo que todavía exista), ó con los que deben corresponder á sus partículas componen-

tes (si ya se ha realmente como diluído y dispersado), nos induce á creer, con probabilidad de acierto, que entre ambas manifestaciones cómicas, corriente meteórica y cometa, existe asociación muy íntima. Conjetura nada nueva, pues ya en 1867 fué emitida por los astrónomos D'Arrest y Weiss, apoyándose en el estudio de los hechos anteriormente observados; en 1872, con mayor insistencia, por el profesor A. S. Haschel; y por el doctor alemán Zenker, y el astrónomo inglés Copeland, siempre en prudentes términos dubitativos, antes de acaecer la lluvia de 1885, que espléndidamente ha corroborado su certidumbre.

Y, admitida la asociación del cometa de Biela con los meteoros de que tratamos, como probable debe considerarse la conclusión de que entre las dos épocas, de 1872 y 1885, la corriente corpuscular haya efectuado dos revoluciones completas alrededor del Sol, ó de que el período de su revolución discrepa muy poco de seis años y medio. De esta duración concluiríamos que lo era precisamente, si la Tierra, en sus giros anuales, hubiese tropezado exactamente con la misma región de la nube meteórica, tanto en 1872 como en 1885; pero como esta nube puede ocupar, y es probable que ocupe, cierto arco, más ó menos amplio, de la órbita que en conjunto describe, los puntos de la corriente, atravesados por la Tierra en ambas épocas, podrían haber sido diferentes, y ser, por lo tanto, el tiempo buscado de la revolución periódica, inferido del simple cotejo de las observaciones, verificadas en una y otra época, algo mayor ó menor en realidad de aquellos seis años y medio, prescindiendo de esta causa de error deducidos.

b—Además de ser muy verosímil que la corriente meteórica y el cometa giren en tiempos iguales alrededor del Sol, parécenos que también lo es que una y otro describan la misma órbita, como en íntima compañía ó inmediata dependencia, sumergido el cometa en la corriente, ó nube corpuscular, ó muy poco destacado y distante de ella todavía. Pues, en efecto, no ocupando á estas fechas la nube un arco de la órbita común demasiado amplio, ningún motivo se columbra para que el cometa (ó las partículas que actualmente le representan, aunque ya por su tenuidad invisibles), que forma parte importante de la misma, deba encontrarse situado fuera de aquel arco. Y corrobora la certeza de esta conjetura el hecho de que, en 1872, debió pasar el cometa por el nodo descendente de su órbita no más que tres meses antes de que los meteoros del 27 de Noviembre cayesen sobre la Tierra. Coincidencia notable (observada también en 1866, entre las *Leonides* y su cometa asociado, ó generador de las mismas), que difícilmente puede atribuirse al acaso, de donde, por el contrario, provendría si los tiempos de la revolución periódica, de estrellas y cometa, fuesen sensiblemente diversos. Finalmente, y aunque este argumento sólo posea valor relativo, de

advertir es, tomando en cierto modo las cosas en orden inverso, que la identidad de las órbitas envuelve la identidad de sus ejes mayores; y ésta, á su vez, la de los tiempos ó períodos de la revolución de los astros en aquellas órbitas circulantes.

Admitiendo como demostrada esta identidad, no sería difícil, apoyándose en ella y guiándose por las observaciones hechas en 1872 y 1885, determinar un límite inferior de la amplitud de la corriente meteórica, si aproximadamente también se conociesen las vicisitudes experimentadas por el cometa en su movimiento revolutivo, á contar del año 1852. Pero no habiéndose logrado columbrar el último astro desde entonces, tampoco su movimiento ha podido determinarse con posterioridad, mediante el auxilio eficaz de la observación; y, por lo tanto, no hay modo de saber con satisfactoria certidumbre cuál ha sido la duración precisa de las cinco revoluciones que alrededor del Sol ha debido efectuar en tan dilatado tiempo. Con aproximación suficiente para el objeto que ahora perseguimos, factible sería en verdad determinar la duración de estas revoluciones por medio del cálculo, tomando por base la órbita del año 1852 (época de la última aparición del cometa), y valuando, por cuadraturas, las perturbaciones que hasta fines del 1885 ha debido experimentar por distintas causas. Tan penoso trabajo fué ya llevado á término feliz, por referencia á la revolución del 1852 al 1859, por Michez, Clausen y Hubbard; y por solos Michez y Clausen, con aplicación á la siguiente, del 1859 al 1865; y muy útil sería su prosecución, hasta llegar á la época actual, aun cuando la esperanza de volver á divisar el cometa, ó algún fragmento suyo, se haya por completo desvanecido. Como que, mientras este cálculo no se ulfime, habrá que resignarse á ignorar la relación exacta que entre el cometa y la corriente meteórica existe, y contentarse con alguna que otra conjetura, más ó menos plausible, concerniente á tan misterioso asunto.

De las observaciones del año 1872, habida cuenta de la órbita del cometa en 1865, calculada por Michez, posible es, sin embargo, deducir aproximadamente la distancia del cometa á la región de la corriente, atravesada aquel año por la Tierra; máxime si se tiene además presente que el tiempo de la revolución de 1865 á 1872, en opinión razonada de Hind, no debió experimentar alteración demasiado notable por efecto de las perturbaciones en el movimiento del cometa, ejercidas por los grandes planetas Júpiter y Saturno. Pues bien: según Michez, el cometa pasó por el nodo de su órbita, más inmediato á la Tierra, el 27 de Diciembre de 1865; y si á esta fecha se agrega el tiempo de una revolución (de 2445 días, en el momento del paso por su perihelio entonces), resulta que el siguiente paso por el mismo nodo debió acaecer el 7 de Setiembre de 1872: 81 días antes del 27 de Noviembre, memorable por la nutrida lluvia de estrellas fugaces aquel año observada. De donde se infiere que estos

meteoros seguían en su marcha al cometa, con retraso de los mismos 81 días, ó como de $^1/_{30}$ del tiempo de la revolución periódica. Y en $^1/_{30}$ de la longitud de la órbita puede, en consecuencia, valuarse, como límite inferior, la amplitud del arco que á estas fechas ocupa la materia del cometa en dispersión, ó transformada en corriente meteórica.

El límite superior de la extensión longitudinal de esta corriente parece factible deducirle del hecho de no haber sido observada ninguna gran lluvia de estrellas fugaces entre los años 1872 y 1885: señal, aunque no muy significativa, de que la parte ó región más densa de la corriente ó reguero corpuscular emplea menos de un año, ó menos de $^1/_6$ del tiempo de su revolución periódica total, en pasar por el nodo. Si, en efecto, emplease un año ó más de un año, cada seis años, por lo menos, penetraría la Tierra en la corriente, y la lluvia meteórica se reproduciría con mayor frecuencia de la que hasta ahora se ha notado. Esta conclusión, sin embargo, flaquea un poco por la base: porque de advertir es que el resplandor de la Luna y el mal estado del cielo pueden ser causa de que el fenómeno pase alguna vez inadvertido, como inadvertido pasaría también si la lluvia fuese de breve duración y se verificase en pleno día, ó, aunque de noche, hallándose el *radiante* debajo del horizonte del observador. Ni es seguro tampoco que la corriente no se halle de trecho en trecho interrumpida, en vez de constituir á modo de reguero continuo de cospúsculos: en cuyo caso podría por ventura atravesarla la Tierra por los huecos ó lagunas que contiene, sin que nada nos revelase entonces su existencia y verdadera longitud. Cuanto al límite superior, ó á la extensión longitudinal de la corriente, se refiere, y hemos procurado deducir, debe, por ahora, admitirse con cautela suma como cierto, ó considerarse nada más que como probable.

c—A propósito del asunto de que tratamos, no parece inoportuno mencionar la lluvia meteórica, observada por Brandes el 7 de Diciembre de 1798, en muy probable y estrecha relación con las de estos últimos años, 1872 y 1885. La descripción sucinta del fenómeno, consignada en carta de Brandes ó Benzemberg, y por éste publicada en 1802, dice como sigue: «Durante la última noche de mi viaje, en coche descubierto (á Buxtehude, en el Hanover), el 7 de Diciembre de 1798, conté 480 estrellas fugaces, á razón de más de 100 por hora, y por espacio de más de tres horas consecutivas, comprendidas todas en área ó extensión que á duras penas ocupaba la quinta parte del cielo. Algunas veces brillaban 7 por minuto. Y con frecuencia las vi aumentar de resplandor poco á poco, y desvanecerse también gradualmente; aunque su completa extinción siempre era rápida y bien definida.»

En aquella noche del 7 de Diciembre, á las 8 horas del meri-

diano de Milán, poco desviado del que Brandes ocupaba, la longitud de la Tierra era de 76°. Pues bien: la longitud del nodo descendente del cometa de Biela, en su aparición inmediata, siguiente á la de los meteoros que describe Brandes, en 1806, fué de 71°3, según Hubbard; y de 77°2 lo había sido, también en concepto del mismo calculador, en la correspondiente al año 1772. De donde resulta que el nodo de los meteoros en 1798 coincidía bastante bien con el del cometa por la misma época; no mereciendo grande atención la diferencia de dos ó tres grados en las posiciones concluídas de ambos, por cuanto la inclinación de la órbita común no llegaba á 14° por entonces: lo cual dificultaba la determinación precisa de su punto de intersección con la eclíptica.

Asimismo dedujo Hubbard que el cometa de Biela pasó por su nodo descendente el 6 de Diciembre de 1805; y, siendo esto verdad, si se adoptan como expresión del tiempo de su revolución periódica entonces, los 2463 días deducidos con posterioridad por Damoiseau, llevando en cuenta para ello los resultados de las observaciones hechas en 1806 y 1826, y las perturbaciones en la marcha del cometa producidas por las fuerzas atractivas de la Tierra, Júpiter y Saturno, conclúyese que también debió pasar otra vez por aquel nodo el 8 de Marzo de 1799: 92 días después de aquel á que la lluvia meteórica advertida por Brandes corresponde. Y aun cuando, por no ser perfectamente conocido el tiempo de la revolución periódica del cometa entre los años 1798 y 1805, acaso la última conclusión numérica sea errónea y deba modificarse en alguna unidad, la coincidencia aproximada de épocas, que acaba de señalarse, constituye otro argumento en pro de la identidad de la corriente de estrellas fugaces, columbrada por Brandes en 1798, y en 1872 y 1885 desvelada de nuevo con mayor grado de esplendor. Milita también, hasta cierto punto, en corroboración del mismo argumento, la circunstancia de que, habiéndose prolongado durante gran parte de la noche el fenómeno advertido y descrito por Brandes, su fase más brillante y notable correspondió, no obstante, á las primeras horas de oscuridad: exactamente conforme se advirtió en las dos manifestaciones meteóricas de épocas más recientes.

De reparar es también que el lugar ó región de la corriente, atravesado por la Tierra en 1798, no debió caer demasiado lejos de aquel por donde en ella penetró nuestro globo en 1885. Pues admitiendo como valedero, entre los años 1865 y 1885, el tiempo de la revolución, de 2445 días, sólo por referencia al primero de estos años, determinado por Michez, resultaría que el cometa debió llegar á su nodo descendente, por última vez, el 27 de Enero de 1886: 61 días después de la manifestación meteórica del 27 de Noviembre anterior, en vez de los 92 que á la del año 1798 correspondían, conforme renglones antes se dijo. A la mayor distancia al cuerpo del cometa del lugar por donde la Tierra atravesó la corriente meteórica

en este año podría aventuradamente atribuirse la menor frecuencia de las estrellas fugaces, observadas por Brandes entonces, en cotejo de las innumerables, advertidas en 1885; pero como á la producción y apariencias del fenómeno tal vez concurren muchas y muy diversas causas, arriesgado es empeñarse en deducir, de aquella simple disparidad de apariencias, consecuencia alguna atendible. Esto sin contar con que el número de 61 días, que tal sospecha despierta en la mente, acaso sea erróneo en algunas decenas de unidades, por su carácter meramente inductivo.

d—Por extremo notables fueron las circunstancias del paso del cometa por su nodo el 6,2 de Diciembre de 1805, á los 71°,3 de longitud heliocéntrica, correspondiente también á la posición de la Tierra en el espacio el día 3,4 del mismo mes, ó apenas tres días antes. La diferencia de los radios vectores (distancias al Sol) de ambas órbitas, cometaria y terrestre, correspondiente á la mencionada longitud del nodo, no llegó á 0,01 de la distancia media de la Tierra al astro central ($1^1/_2$ millones de kilómetros, ó unos 230 radios terrestres); y la mínima distancia de ambos astros, como en seguimiento uno de otro, ascendió por junto á 0,03 el 8 de Diciembre: aproximación extraordinaria, que no ha vuelto á reproducirse desde entonces hasta la fecha. Y, sin embargo, no hay noticia de que, por aquellos días, al rededor del 3 de Diciembre, se advirtiese desprendimiento alguno ó producción de meteoros luminosos ó de estrellas fugaces; ó porque realmente no le hubo, ó porque el plenilunio del 6 de Diciembre dificultó la observación, ó porque á las muy contadas personas que en aquellos tiempos se cuidaban con interés del estudio de esta clase de fenómenos les contrariase en sus pesquisas el mal estado del cielo.

También en los años 1832, 1846 y 1865, á los pasos del cometa por su nodo descendente, respectivamente el 28 de Octubre, 13 de Enero y 27 de Diciembre, acompañaron de cerca los de la Tierra por el punto de igual longitud: con 31 días de retraso en 1832, y 46 y 30 de anticipación en 1846 y 1865. Y, aun cuando el resplandor de la Luna sólo en este último año pudo impedir ó dificultar la observación de los meteoros de fines de Noviembre ó principios de Diciembre, ni por entonces, ni tampoco en épocas análogas de los otros dos años 1832 y 1845, cautivó la atención de nadie ninguna espléndida lluvia meteórica. Lo cual, aunque puede depender de muchas causas y explicarse de varios modos, conforme ya antes se indicó, nos obliga á proceder y discurrir con gran cautela en el terreno resbaladizo de las conjeturas que vamos explorando.

Los meteoros observados el 7 de Diciembre de 1830; el 6, 7 y 8 del mismo mes, en 1838; el 8 de Diciembre también en 1841; y el 8 y 10 del 1847, tal vez deban referirse al sistema de los conexionados con el cometa de Biela. Pero la distancia considerable de sus nodos

á los del cometa; la discordancia entre las épocas de su presentación y las del paso del cometa por su nodo descendente y más próximo á la órbita de la Tierra; y el número relativamente exiguo de aquellos meteoros, nos inclinan á pensar que, ni aun mirados en conjunto como simples guerrillas, no pertenecían en realidad al grueso del ejército, de donde procedieron ó se destacaron las apretadas legiones que en 1798, 1872 y 1885 se vieron cruzar por el cielo. Lo probable es que fueran radiaciones corpusculares, dimanadas de la corriente general; mas, por resultado esto de perturbaciones de la misma corriente, de orden y género muy distintos de las productoras de las otras grandes lluvias meteóricas, en estrecha conexión con la masa y movimiento del cometa, á cuya existencia y extrañas transformaciones más inmediatamente se refieren. Acerca del modo como estas radiaciones secundarias pueden engendrarse, ya, años atrás, expusimos nuestra opinión al formular la teoría astronómica de las estrellas fugaces. (*Entwurf einer Astronomischeu Theorie der Sternschnuppen*, Stettin 1871, §. 93 y 94; y *Rendiconti* dell'Istit. Lomb., 13 de Enero de 1870).

En conclusión: presuntuoso empeño sería, mientras no nos sean mejor conocidas que hasta ahora la extensión y la forma de la corriente asociada con el cometa de Biela, el de querer pronosticar con seguridad de acierto las reproducciones sucesivas de las copiosas lluvias meteóricas, de la misma corriente dimanadas. Y para conocerlas, y rastrear los movimientos de la corriente, dificultad muy considerable constituye la desaparición del cometa, que en tan arriesgada investigación había de servirnos de guía. Como recurso eficaz para ello, quédanos por junto el de observar los encuentros eventuales de la Tierra con la corriente meteórica, sin que, entre cada dos consecutivos, por ningún otro resquicio nos sea dable averiguar cuál es la situación progresiva del cometa en el espacio. Hallámonos, pues, en la situación del ciego, empeñado, sin más que tocándole en algunos puntos aislados de la superficie, en definir la figura y tamaño de un cuerpo, por añadidura en movimiento.

La circunstancia, no obstante, de que el cometa de Biela efectuaba, exactamente casi, *tres* revoluciones en *veinte* años, en los tiempos en que fué visible, nos induce á sospechar que lo mismo, con corta diferencia, deben hacer los corpúsculos meteóricos con él relacionados; y, por lo tanto, que á fines de Noviembre de 1892 se hallarán las cosas en orden y situación muy parecidas á como estaban el 27 de Noviembre de 1872. No afirmaremos, en consecuencia de todo lo expuesto, que del 26 al 27 de Noviembre de 1892 *ocurrirá seguramente* otra gran lluvia meteórica; pero sí diremos que los observadores de entonces *deben estar alerta*, por si semejante probable lluvia realmente se verifica.

M. M.

18 SEP 1886
BRITISH MUSEUM

ÍNDICE

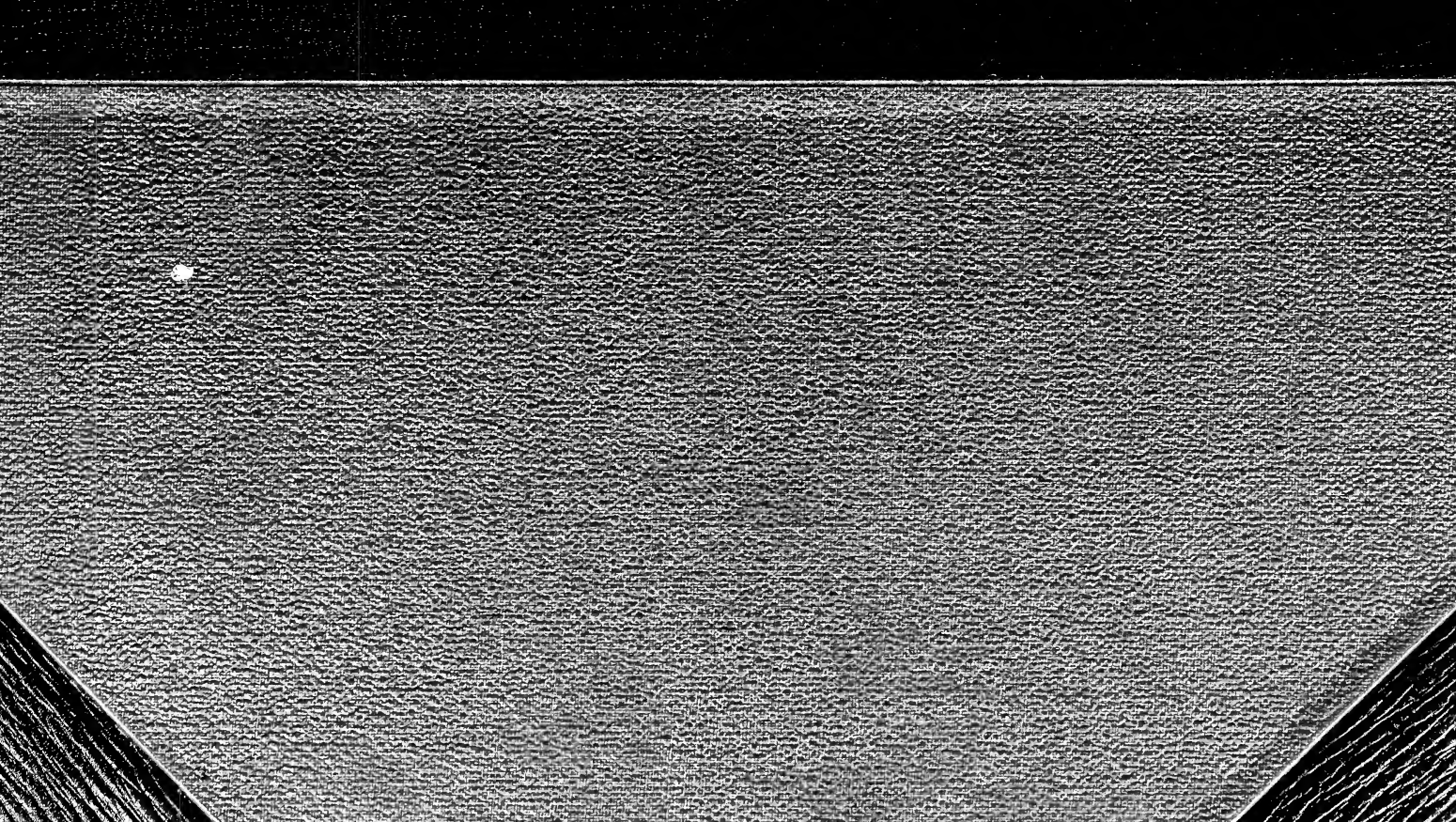
DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE NÚMERO.

CIENCIAS EXACTAS.

Sobre la imposibilidad de la cuadratura del círculo..... 493

CIENCIAS NATURALES.

El Ramio 542
Variedades..... 553

Se suscribe en la portería de la Academia de Ciencias, plaza de la Villa, núm. 2, piso principal.

Cada tomo de la Revista constará de nueve números.